

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Анализ стабильности образцов при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений

УДК 621:53:543.2:620.11-026.72

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Черникова Наталья Витальевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	К.Х.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Горбенко М.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев С.В.	Д.Т.Н.		

**Планируемые результаты обучения по направлению
27.04.01 «Стандартизация и метрология»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводить анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений
Универсальные компетенции	
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____
(Дата)

Муравьев С.В.

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Черниковой Наталье Витальевне

Тема работы:

Анализ стабильности образцов при проведении межлабораторных сличительных испытаний
в области обеспечения единства измерений

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 28.02.2020 № 59-40/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15.06.2020 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Провести анализ стабильности образцов (для проверки квалификации) при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной

1) Действующие требования к проверке стабильности образцов (ОПК). Особенности проверки стабильности ОПК при проведении межлабораторных сличительных испытаний (МСИ) в области обеспечения единства измерений (ОЕИ).

2) Традиционные методы контроля и оценки стабильности эталонов при сличениях групп

работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	<p>средств поверки одинакового уровня точности.</p> <p>3) Исследования по организации проверки стабильности ОПК. Существующие методы по оценке нестабильности СИ и назначение этих методов.</p> <p>3) Разработка модели проверки стабильности и оценке нестабильности ОПК при МСИ в области ОЕИ. Адаптация существующих методов оценивания нестабильности к МСИ в области ОЕИ</p> <p>4) Проверка применимости предложенной модели оценивания стабильности ОПК на примере анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе, выступавшего как ОПК при МСИ в ФБУ «Томский ЦСМ» и оценка и учет нестабильности ОПК при проведении МСИ в области ОЕИ</p>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Презентация, выполненная в программной среде MS Power Point

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основная часть	Суханов Алексей Викторович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Горбенко Михаил Владимирович
Раздел, выполненный на английском языке	Инна Леонидовна Пичугова

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Analysis of the general requirements for the stability of samples for proficiency testing during proficiency testing of participants through inter-laboratory comparison tests. Features of the interlaboratory comparison in the field of ensuring the uniformity of measurement

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.01.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	к. х. н		
Начальник ОТРМО ФБУ «Томский ЦСМ»	Галицкая Т.В.	к. т. н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Черникова Наталья Витальевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Черниковой Наталье Витальевне

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 «Стандартизация и метрология»

Тема ВКР:

«Анализ стабильности образцов при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера-метролога в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны окружающей среды. Объектом исследования являются результаты измерений, полученные при помощи средств измерений в поверочных и (или) калибровочных лабораториях и используемые при анализе стабильности образцов (для проверки квалификации) при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 2.3. Определение потребного воздухообмена в производственном помещении	В качестве вредных факторов выделены: – повышенный уровень электро-магнитных излучений; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – нервно-психические перегрузки; – недостаточный воздухообмен в производственном помещении
3. Экологическая безопасность:	Рассматриваются воздействия на окружающую среду при работе с выбранным объектом
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Существует вероятность возникновения техногенных ЧС (пожаров), эпидемий

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН ШБИП	Горбенко М. В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Черникова Наталья Витальевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Черниковой Наталье Витальевне

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 «Стандартизация и метрология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1 Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2 Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3 Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2 Разработка устава научно-технического проекта	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения внутри существующей организации
3 Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР
4 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1 «Портрет» потребителя результатов НТИ 2 Сегментирование рынка 3 Оценка конкурентоспособности технических решений 4 Диаграмма FAST 5 Матрица SWOT 6 График проведения и бюджет НТИ - <u>выполнить</u> 7 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - <u>выполнить</u> 8. Потенциальные риски	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В. Ю.	к.э.н		27.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Черникова Наталья Витальевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерской диссертации

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2020	Действующие требования к проверке стабильности образцов для проверки квалификации (ОПК). Особенности проверки стабильности ОПК при проведении межлабораторных сличительных испытаний (МСИ) в области обеспечения единства измерений (ОЕИ)	10
20.03.2020	Традиционные методы контроля и оценки стабильности эталонов при сличениях групп средств поверки одинакового уровня точности.	10
15.04.2020	Разработка модели проверки стабильности и оценке нестабильности ОПК при МСИ в области ОЕИ. Адаптация существующих методов оценивания нестабильности к МСИ в области ОЕИ	25
10.05.2020	Проверка применимости предложенной модели оценивания стабильности ОПК на примере анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе, выступавшего как ОПК при МСИ в ФБУ «Томский ЦСМ» и оценка и учет нестабильности ОПК при проведении МСИ в области ОЕИ	30
20.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
25.05.2020	Социальная ответственность	10
30.05.2020	Выполнение раздела на иностранном языке	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	к. х. н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев С.В.	д.т.н., профессор		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 147 страниц, 11 рисунков, 37 таблиц, 43 формулы, 48 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: межлабораторные сличительные испытания, проверка квалификации, образец для проверки квалификации, стабильность образца для проверки квалификации, нестабильность образца для проверки квалификации.

Объектом исследования является процедура подготовки образцов (образцов для проверки квалификации, ОПК) при проведении межлабораторных сличительных испытаний (МСИ) в области обеспечения единства измерений, в частности модель проверки стабильности ОПК.

Цель работы – провести анализ стабильности ОПК при проведении МСИ в области ОЕИ на базе ФБУ «Томский ЦСМ».

В процессе исследования: изучены требования к проверке стабильности ОПК; проведен анализ опыта сличений групп средств поверки одинакового уровня точности; составлена логическая модель по организации проверки стабильности ОПК МСИ в области ОЕИ, включая оценку вклада нестабильности ОПК и учет поправки на нестабильность; проведена проверка реализуемости модели.

В результате проделанной работы поставленные задачи полностью выполнены.

Область применения: разработанная процедура планируется к применению в ФБУ «Томский ЦСМ» в качестве инструмента повышения качества работ координаторов МСИ в ОЕИ.

Значимость работы: разработанная процедура, оформленная в виде локального нормативного документа ФБУ «Томский ЦСМ», позволит обеспечить единство и постоянство понимания целей, задач, процессов и процедур по обеспечению качества при проведении проверки стабильности ОПК в процессе проведения МСИ в области ОЕИ.

Термины и определения

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

межлабораторное сличение, межлабораторные сличительные испытания (interlaboratory comparison): Организация, выполнение и оценивание измерений или испытаний одного и того же или нескольких подобных образцов двумя или более лабораториями в соответствии с заранее установленными условиями.

провайдер проверки квалификации (proficiency testing provider): Организация, которая несет ответственность за все задачи по разработке и выполнению программы проверки квалификации.

образец; образец для проверки квалификации (proficiency test item): Проба, продукт, искусственный объект (артефакт), стандартный образец, часть оборудования, эталон, набор данных или другая информация, используемые для проверки квалификации.

проверка квалификации (proficiency testing): Оценивание характеристики функционирования участника по заранее установленным критериям посредством межлабораторных сличений.

координатор (coordinator): Одно или несколько лиц, осуществляющих организацию и управление всеми видами деятельности, связанными с реализацией программы проверки квалификации.

тур (раунд) проверки квалификации: (proficiency testing round): Завершенная последовательность действий по распределению образцов для проверки квалификации, оцениванию результатов и предоставлению отчета о результатах проверки квалификации участникам.

стабильность средства измерений (stability of measuring instrument, stability): Свойство средства измерений, отражающее неизменность во времени его метрологических характеристик (качественная характеристика).

нестабильность метрологических характеристик средства измерений (instability of metrological characteristics of a measuring instrument): Изменение метрологических характеристик средства измерений за установленный интервал времени.

Сокращения и обозначения

В настоящей работе используются следующие условные обозначения и сокращения:

МСИ – межлабораторные сличительные (сравнительные) испытания;

КХА – количественный химический анализ;

КТ – контрольная точка;

ОЕИ – обеспечение единства измерений;

ОПК – образец; образец для проверки квалификации;

СИ – средство измерения;

МХ – метрологические характеристики;

СКО – среднее квадратическое отклонение;

СТО – стандарт организации;

НД – нормативный документ;

НП – неопределённость;

ФБУ «Томский ЦСМ» – Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Томской области».

Содержание

Введение	14
1 Анализ общих требований к стабильности образцов для проверки квалификации при проверке квалификации участников посредством межлабораторных сличительных испытаний. Особенности межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений	16
1.1 Понятие стабильности в области обеспечения единства измерений	16
1.2 Место проверки стабильности в процедуре проведения межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений	18
1.3 Однородность и стабильность образцов для проверки квалификации.	
Современные требования	23
1.4 Процедура проверки стабильности при проведении раунда проверки квалификации	26
1.5 Обзор методов контроля и оценки стабильности эталонов при сличениях групп средств поверки одинакового уровня точности	30
1.6 Обзор существующих целей и методов оценки нестабильности средств измерений	32
1.7 Выводы и постановка задач	42
2 Разработка модели проверки стабильности и оценки нестабильности образцов для проверки квалификации при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений.	
Исследование модели на реальном объекте	44
2.1 Порядок оценивания стабильности ОПК для проведения МСИ в области ОЕИ	44
2.2 Разработка метода оценивания нестабильности приписанных значений ОПК для допуска к МСИ в области ОЕИ	48
2.3 Описание ОПК и этапов реализации программы МСИ средств измерений физико-химического состава и свойств	54

2.4 Проверка применимости предложенной модели оценивания стабильности ОПК для проведения межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений на примере результатов МСИ алкометра	66
3 Обсуждение результатов	74
4 Социальная ответственность	76
4.1 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности	76
4.2 Производственная безопасность	80
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	91
4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»	95
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	96
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	96
5.2 Организация и планирование научно-исследовательской работы	97
5.3 Определение трудоемкости выполнения работ	98
5.4 Разработка графика проведения научного исследования	99
5.5 Определение бюджета научного исследования	103
5.6 Оценка научно-технической эффективности исследования	109
5.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	112
Заключение	114
Список использованных источников	115
Приложение А (справочное) Раздел, выполненный на иностранном языке	119
Приложение Б (справочное) МК 31-60-2019 «Анализаторы концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе. Методика калибровки»	131

Введение

Востребованность межлабораторных сличительных испытаний на сегодняшний день сложно недооценить. Она связана как с присоединением Федеральной службы по аккредитации (Росаккредитация) к ILAC MRA (Договоренности о взаимном признании международной организации по аккредитации) [1], так и с потребностью аналитических, испытательных, поверочных и калибровочных лабораторий получать справедливую и независимую оценку качества получаемых результатов испытаний используя МСИ как способ повышения доверия потребителей их услуг к предоставляемым результатам своей деятельности. Стоит отметить, что имеющийся национальный опыт МСИ ориентирован в большей степени на образцы материалов и веществ и в меньшей степени на образцы для МСИ в области ОЕИ, в качестве которых, как правило, используют средства измерений. Данный факт подтверждается и действующей нормативно-технической базой [2, 3]. Особое внимание привлекает тот факт, что, к образцам для МСИ в области ОЕИ рекомендовано использовать те же процедуры проверки однородности и стабильности что и к стандартным образцам количественного химического анализа. Очевидно, что для средств измерений однородность в проверке не нуждается, т.к. за время эксплуатации СИ его состав неизменен априори [4].

Что касается стабильности, одно и то же понятие для МСИ в КХА и для МСИ в ОЕИ, хоть и оценивается одинаково - за период проведения раунда МСИ, сильно различается по смыслу. В первом случае, это показатель постоянства состава и свойств основного вещества в образце для поверки квалификации, во втором же – это показатель постоянства приписанных характеристик (обычно, метрологических). Таким образом, стабильность проверять следует и при ее значимости либо не допускать образец для проверки квалификации к МСИ либо учитывать нестабильность ОПК как отдельный вклад в неопределённость измерений.

Инфраструктура МСИ активно формируется и в настоящее время, и целью поставленной в настоящей работе является анализ стабильности ОПК при проведении МСИ в области ОЕИ.

Для реализации поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- изучение существующих требований к контролю стабильности приписанных значений ОПК СИ в отношении проверки квалификации путем проведения МСИ и опыта сличений групп средств поверки одинакового уровня точности.

- разработка комплекса процедур по организации проверки стабильности ОПК МСИ СИ ФБУ «Томский ЦСМ»;

- оценка вклада нестабильности ОПК и учет нестабильности ОПК в бюджете неопределённости измерений при проведении МСИ в области ОЕИ;

- исследование элементов организации проверки стабильности ОПК при МСИ в области ОЕИ для анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе, использованного как ОПК при МСИ в области ОЕИ на базе ФБУ «Томский ЦСМ».

Особенностью МСИ в области ОЕИ является небольшое количество единиц средств измерений, выступающих в качестве образцов для проверки квалификации (в рамках выполнения одной программы проверки квалификации (программы МСИ) количество образцов для проверки квалификации – от одного до трёх единиц). За определённый период времени провайдер одновременно выполняет несколько программ МСИ с участием образцов для проверки квалификации, выбираемых на основании потребностей потенциальных участников МСИ. Каждая программа МСИ выполняется под контролем ответственного лица, назначаемого провайдером - координатора.

1 Анализ общих требований к стабильности образцов для проверки квалификации при проверке квалификации участников посредством межлабораторных сличительных испытаний. Особенности межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений

1.1 Понятие стабильности в области обеспечения единства измерений

Согласно [5], стабильность средства измерений следует понимать как качественную характеристику средства измерений, отражающую неизменность во времени его метрологических характеристик, в качестве количественной оценки стабильности следует рассматривать нестабильность средства измерений.

Наиболее часто эти понятия используются в теории надежности, и рассматриваются как показатели обеспечения качества изготавливаемой продукции в приборостроении. Важнейшее средство обеспечения качества изготавливаемой продукции - применение надёжного оборудования, включая средства измерений, которые используются на всех стадиях контроля изделий. И что главное, важна не столько техническая, сколько метрологическая надёжность средств измерений. Как легко догадаться, отказы из-за утраты работоспособности выявить очень просто, а вот метрологические отказы относятся к категории «скрытых», и могут быть выявлены лишь при проверке метрологической пригодности СИ (поверки или калибровки), а до этих пор уже непригодным к использованию СИ будут контролироваться измеряемые параметры продукции. А это, в свою очередь опасно поступлением на рынок продукции неудовлетворительного качества.

Каждое поколение метрологов сталкивается с проблемой обеспечения метрологической надёжности, эта тематика далеко не новая и уже рассматривалась такими учёными, как: Арутюнов В.О., Бажанов А.П., Екимов

А.В., Кондратов В.Т., Новицкий П.В., Осадчий Е.П., Ревяков М.И., Фридман А.Э. Вот только она никогда не теряет актуальности, так как с выходом новой нормативной документации появляются новые требования, и эти требования порождают новые задачи, одной из которых является анализ стабильности и необходимость учёта нестабильности ОПК при МСИ.

Показателем метрологической надежности считают вероятность безотказной работы СИ за время интервала между поверками или калибровками [6 - 9], а за показатель стабильности СИ – вероятность сохранения МХ за определённый временной интервал.

Составляющая погрешности (неопределённости) от временной нестабильности СИ медленно изменяется с течением времени и поэтому ее можно отнести к типу дрейфовых, т.е. прогрессирующих погрешностей / неопределённостей. Она, в основном, возникает в процессе старения комплектующих средства измерений, а так же разряда источников питания, различных механических деформаций и т.п.). Введение поправки может нивелировать составляющие погрешности / неопределённости, но лишь в заданный временной интервал, так как характер изменения их во времени не только не известен, но и сложно предсказуем. По сути своей изменение дрейфовых погрешностей / неопределённостей во времени [10] представляет собой нестационарный случайный процесс, который относят [10] к классу наименее исследованных случайных процессов. Таким образом, корректировки путем введения поправок требуется проводить с постоянными повторами. Более – менее полно изучить зависимость изменения погрешности во времени возможно лишь посредством наблюдений за изменением погрешности СИ конкретного типа в течение длительного интервала времени эксплуатации и хранения (10-15 лет) [11]. Автор [11] считает, что для практической оценки изменения во времени погрешности / неопределённости СИ было бы правильно в технической документации на СИ приводить параметры процесса старения, но при этом подчеркивает, что познание функции погрешности / неопределённости от времени по единичным документам проверки

метрологической пригодности с помощью какого-либо вида модели не так важно, как прогнозирование дальнейшего поведения этой функции, например, при помощи экспоненциальной модели. Однако и здесь возникает ряд трудностей, которые заключаются в катастрофически малом объеме достоверной информации, требуемой при расчетах для прогнозирования (например, сведения о нестабильности от времени компонентов и деталей СИ, об интенсивности их использования, особенностях условий эксплуатации и экономических последствиях от получения недостоверных результатов [12]).

Согласно [12], приемлемым вариантом для оценки составляющей погрешности / неопределённости от временной нестабильности могли бы стать результаты поверки и калибровки, но только при условии отсутствия предварительного ремонта и регулировки, что в действительности практически не встречается.

Принимая к сведению вышеприведённую информацию, можно сделать вывод, что в условиях недостаточности и возможной недостоверности исходных данных применение сложных и время затратных методов с целью получения результатов, которые могли бы отразить реальную зависимость нестабильности от времени не имеет смысла.

1.2 Место проверки стабильности в процедуре проведения межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений

Межлабораторные сличительные испытания в области обеспечения единства измерений проводятся с целью проверки квалификации участника (при проведении поверочных и калибровочных работ), т.е. оценивания по заранее установленным статистическим критериям компетентности участника в соответствии с требованиями [2] под руководством провайдера МСИ.

Провайдер проверки квалификации должен гарантировать стабильность образцов для проверки квалификации на протяжении выполнения раунда, а так

же обладать процедурами идентификации и оценки нестабильности ОПК на протяжении всей программы МСИ.

Согласно установленным требованиям [2], вывод о квалификации участников МСИ делается при помощи статистической сравнительной оценки представленных результатов, полученных на основе измерений с использованием ОПК.

Порядок проведения МСИ в общем виде представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Этапы проведения МСИ

Наиболее интересным и наименее изученным является этап подготовки образца для проверки квалификации, ведь именно на этом этапе провайдер проводит экспериментальные исследования, при проведении которых изучается стабильность ОПК, его пригодность к проведению МСИ и определяется дальнейшая политика проведения программы МСИ для конкретного ОПК.

Экспериментальные исследования включают в себя:

- установление приписанных значений определяемых показателей образца для проверки квалификации (например, измеряемой величины и расширенной неопределенности);
- оценивание стабильности образца для проверки квалификации.

Приписанное значение определяемого(ых) показателя(ей) образца для проверки квалификации устанавливают в соответствии с методикой калибровки с использованием собственной эталонной базы, в обоснованных случаях привлекают референтные лаборатории. При необходимости, разрабатывают методику калибровки, включающую процедуру оценивания и бюджет неопределённости измерений при калибровке.

Стабильность образца для проверки квалификации оценивают с использованием критериев, позволяющих гарантировать, что нестабильность образца для проверки квалификации не скажется отрицательным образом на оценке деятельности участника. При анализе документации на образец, могут быть выявлены динамические МХ (такие как дрейф и др.), влияние которых на стабильность образца для проверки квалификации следует оценить. По возможности, для уверенности в стабильности образца, может учитываться влияние использования одинаковых образцов для проверки квалификации из различных партий.

Оценку стабильности образца для проверки квалификации выполняют в нормальных и, при необходимости, отличных от нормальных условий окружающей среды, условиях транспортирования и хранения.

ОПК считают стабильными, если за период исследования стабильности не обнаружено статистически значимого изменения приписанного значения.

Бывает, что признание стабильности невозможно, в этом случае стабильность должна быть количественно оценена и рассматриваться как дополнительный вклад в неопределенность измерений, учтённый в бюджете неопределённости приписанного значения ОПК, и (или) учитываться критерием, используемым для оценки.

Выбор схемы сличений выбирают в зависимости от стабильности образца для проверки квалификации. Если нестабильность образца за время проведения сличений не превышает 20 % от допускаемой погрешности (целевой неопределенности) образца, следует выполнять МСИ по круговой схеме МСИ, в ином случае следует выбрать радиальную или комбинированную схему [13].

По результатам экспериментальных исследований координатор провайдера составляет отчет, в который включает:

- краткое описание образца для проверки квалификации;
- результаты экспериментальных исследований по установлению приписанных значений определяемых показателей ОПК и их обработку;
- результаты, подтверждающие стабильность образца для проверки квалификации в течение установленного срока или сведения об учёте нестабильности ОПК в оценке неопределённости приписанного значения;
- при необходимости, рекомендации по подготовке ОПК к проведению измерений (испытаний).

Утвержденный отчет является допуском при использовании образца для проверки квалификации в МСИ.

В случае допуска образца для проверки квалификации к МСИ координатор разрабатывает инструкцию для участника МСИ. В инструкцию для участника МСИ координатор включает следующую информацию:

- наименование и адрес провайдера;
- наименование и шифр образца для проверки квалификации;
- описание образца для проверки квалификации (с указанием определяемых показателей, при необходимости – средств сравнения, требований к используемым методикам измерений/ калибровки/ поверки/ аттестации (для испытательного оборудования);
- описание факторов и потенциальных источников ошибок, которые могут повлиять на результаты МСИ, в том числе условия окружающей среды при проведении измерений;

- выбор методики измерений/ калибровки/ поверки/ аттестации (использовать участником МСИ методику измерений/ калибровки/ поверки/ аттестации по своему выбору или установленную координатором);
- порядок подготовки образца для проверки квалификации к проведению измерений (при необходимости);
- порядок проведения измерений;
- требования к округлению результатов измерений;
- крайние сроки проведения измерений и передачи образца для проверки квалификации курьерской службе и предоставления документированных результатов измерений;
- требования к протоколу измерений и рекомендуемую форму протокола;
- порядок действий в случае невозможности проведения измерений в связи с субъективными причинами участника МСИ; выхода из строя, повреждения или утраты образца для проверки квалификации в процессе транспортировки или испытаний;
- порядок действий в случае предоставления участником МСИ недостоверных, фальсифицированных или некорректных результатов измерений;
- ФИО и контактные данные (телефон, факс, e-mail) координатора, ответственного за организацию проведения МСИ для осуществления обратной связи, консультирования по вопросам проведения МСИ, оформления документов.

Координатор разрабатывает и включает в инструкцию для участника МСИ рекомендуемую форму протокола измерений, получаемого от каждого участника.

После проведения экспериментальных исследований и до начала раунда МСИ образец для проверки квалификации хранят в условиях, соответствующих установленным в эксплуатационной на него или иной документации. Образец для проверки квалификации подлежит маркировке только в случае, если

заводская маркировка отсутствует, или образец для проверки квалификации является искусственно созданным для целей МСИ объектом.

1.3 Однородность и стабильность образцов для проверки квалификации. Современные требования

Согласно документу [2], на соответствие которому аккредитуются провайдеры МСИ, провайдеру следует установить критерии для приемлемой однородности и стабильности, которые должны быть основаны на влиянии неоднородности и нестабильности на характеристики функционирования участников. Реализация этого требования позволит обеспечить получение каждым участником сопоставимых образцов для проверки квалификации и сохранение стабильности образцов на протяжении всего времени выполнения проверки квалификации.

И если, как выше уже оговаривалось, однородность средства измерений не нуждается в проверке, то стабильность следует проверять и при ее значимости либо не допускать образец для проверки квалификации к МСИ либо учитывать нестабильность образца для проверки квалификации, как отдельный вклад в неопределённость измерений.

Таким образом, помимо тщательного планирования, изготовления и транспортировки ОПК, провайдеру следует провести комплекс испытаний, при помощи результатов которых подтвердилась бы стабильность ОПК.

Действующими НД допускается, [2, 3] что для ОПК может быть невозможным по каким-либо причинам проведение испытаний, подтверждающих их однородность и стабильность. Поэтому имеется и рекомендация к действию на такой случай (например, при подготовке образцов при ограниченном количестве исходного материала или наибольшей доступности как раз того материала, который не является стабильным). В этом случае имеющиеся/изготовленные образцы могут быть использованы в качестве образцов для проверки квалификации с условием, что при расчете неопределенности приписанных значений или оценивании результатов это

обстоятельство учитывается соответствующим образом. Однако, такая интерпретация вызывает множество вопросов, таких как, допускается ли рассматривать используемые в качестве ОПК средства измерений, как «ограниченное количество исходного материала», или «нестабильный материал, находящийся в наибольшей доступности»

Согласно всё тем же требованиям [2],[3], процедуры для оценки однородности и стабильности должны быть документированы и выполняться, когда применимо, согласно соответствующим статистическим расчетам. По возможности провайдер проверки квалификации должен использовать статистически случайную выборку представительного количества образцов для проверки квалификации из всей партии испытываемого материала, с тем чтобы оценить его однородность. В некоторых случаях наиболее приемлемым является использование случайной разноуровневой или систематической выборки образцов для проверки квалификации из всей партии.

Провайдер документально должен доказать достаточную стабильность ОПК, чтобы гарантировать, что они не будут подвергаться никаким значительным изменениям на протяжении всего времени выполнения проверки квалификации, включая условия хранения и транспортировки. В случае невозможности выполнения этого требования, стабильность должна быть оценена количественно и рассматриваться как дополнительный вклад в неопределенность измерений, связанную с приписанным значением образца для проверки квалификации, и/или учитываться критерием, используемым для оценки.

Если образцы для проверки квалификации, подготовленные для предыдущих туров, сохраняются для дальнейшего использования, то значения показателей, предназначенных для определения в программе проверки квалификации, должны подтверждаться провайдером проверки квалификации до распределения образцов.

В случаях, когда испытания на стабильность неприменимы, провайдер проверки квалификации должен продемонстрировать достаточность для цели

проверки квалификации процедур, используемых для сбора, изготовления, упаковки и распределения образцов для проверки квалификации.

Для программ проверки квалификации при калибровке, когда один и тот же ОПК используют несколько участников, провайдер проверки квалификации должен гарантировать его стабильность в течение всего раунда или иметь процедуры идентификации и оценки его нестабильности в процессе выполнения раунда программы проверки квалификации. Для этих целей нужно исследовать тенденции изменения отдельных образцов и измеряемых величин, такие как дрейф. По возможности, для уверенности в стабильности следует учитывать влияние использования одинаковых артефактов из различных партий.

Все результаты измерений величин (или свойств) должны быть проверены на стабильность. Однако, если показано, что некоторое подмножество свойств может обеспечить хорошую индикацию стабильности для всех наблюдаемых свойств в этом раунде, программы проверки квалификации оценки, могут быть ограничены этим подмножеством свойств. Проверяемые измеряемые величины должны быть чувствительными к источникам неоднородности и нестабильности в процессе работы с образцами для проверки квалификации.

Отмечаются некоторые важные рекомендации, по выбору проверяемых величин:

- если результатом измерений является доля, характерная особенность которой ее небольшое значение, эта величина может быть трудно управляемой и более чувствительной к изменениям однородности;
- если испытываемый образец нагревается во время работы с ним, то в качестве измеряемой величины следует выбрать величину, чувствительную к неравномерному нагреву;
- если измеряемая величина характеризует свойство, зависящее от отстаивания, выпадения осадка и других явлений, зависящих от времени подготовки образца, то это свойство следует проверять косвенным способом.

Таким образом, при анализе современных требований к проверке стабильности ОПК хочется обратить внимание на «однобокую универсальность» подхода к ОПК. На основании имеющегося опыта, а так же анализа библиографии к [2], можно обратить внимание на следующие недостатки:

1) Ориентированность на ОПК, используемые в КХА т.е. на вещества и материалы. Упоминание о СИ, как ОПК, осуществляется «вскользь» и не содержит конкретных решений и рекомендаций, применимых к оцениванию нестабильности СИ и учёту ее вклада в бюджет неопределённости.

2) Предполагается существенное количество ОПК, что неприемлемо для провайдера, если при этом он не является изготовителем СИ.

3) Завышенность требований к МХ СИ при проверке стабильности 10 % от общей погрешности, в то время как действующий документ [13] допускает 20 %.

1.4 Процедура проверки стабильности при проведении раунда проверки квалификации

Согласно [3], положения к процедурам проверки стабильности, установленные в отношении исследуемых свойств ОПК, предполагают некую универсальность и применимы к любой экспериментальной проверке на стабильность в течение раунда проверки квалификации и стабильности в процессе транспортирования.

Если провайдер имеет уверенность в том, что нестабильность маловероятна, на основании предыдущих экспериментальных исследований, имеющегося опыта или знаний, то экспериментальные исследования допускается проводить только в случае появления значительных изменений в процессе раунда проверки квалификации и после раунда. Если такой уверенности нет, исследования влияния транспортирования на стабильность и стабильности типового раунда проверки квалификации могут иметь форму планируемых исследований, проводимых до распространения образцов

проверки квалификации, либо для каждого раунда, либо на ранних стадиях планирования и определения возможности согласованных условий транспортирования и хранения. Провайдеры проверки квалификации могут также проводить проверку на наличие нестабильности путем анализа приведенных в отчете результатов измерений на наличие тренда с результатами измерений.

При проверке стабильности могут быть выполнены следующие действия:

- все показатели, используемые в программе проверки квалификации, должны быть проверены на стабильность (или их стабильность должна быть подтверждена другим способом). Это может быть сделано на основе опыта работы и технических заключений на основе знаний матрицы (или артефакта) и измеряемой величины;
- при проверке следует использовать не менее двух образцов, если изменчивость между образцами является достаточно большой; большее количество образцов или репликаций следует использовать при наличии сомнений относительно повторяемости.

Удобным способом проверки стабильности, согласно [3], при проведении раунда проверки квалификации являются испытания небольшого количества образцов для проверки квалификации после окончания раунда и сравнение их с образцами до проведения раунда, чтобы гарантировать, что никаких изменений образцов за время проведения раунда не произошло. Проверка может также включать проверку влияния на образцы условий транспортирования с помощью сохранения образцов для исследования влияния продолжительности условий транспортирования. Для исследования влияния только условий транспортирования сравнивают образцы, поставленные для раунда испытаний, с образцами, сохраняемыми в контролируемых условиях.

Измерения при исследовании стабильности (кратковременной и долговременной) проводят в условиях промежуточной прецизионности.

Факторами, влияющими на расхождения результатов измерений являются: время; градуировка средств калибровки; условия окружающей среды; условия транспортирования; случайный характер измеряемой величины; прецизионность в условиях воспроизводимости (воспроизводимость).

Следует отметить, что процедура по проверке базовой стабильности, предлагаемая [3], использующая измерения до и после раунда проверки квалификации, не в полной мере подходит при реализации МСИ в области ОЕИ, так как предполагается проведение испытаний с использованием нескольких ОПК. Можно преобразовать процедуру таким образом:

- 1) выбирают ОПК, предполагаемый к использованию в рамках реализации программы МСИ;
- 2) выбирают единственную лабораторию, использующую единственный метод измерений с хорошей промежуточной прецизионностью;
- 3) выполняют измерения до плановой даты представления образцов участникам. Репликации (повторы) измерений должны быть выполнены случайным образом;

Примечание - при наличии результатов измерений, известных заранее или иных априорных данных, которые можно было бы принять за средние арифметические значения результатов проверки стабильности до эксперимента (\bar{y}_1), результаты текущего эксперимента допускается принять за средние арифметические результатов проверки стабильности (\bar{y}_2) и сделать вывод о стабильности ОПК до плановой даты представления ОПК участникам по формулам (1) - (3).

а) в максимально сжатые сроки после даты возвращения ОПК от участников выполняют измерения направленные на проверку стабильности в той же лаборатории, используя тот же метод измерений и то же количество репликаций измерений, все повторные измерения проводят случайным образом, после чего вычисляют средние арифметические результатов до (\bar{y}_1) и после (\bar{y}_2) раунда.

Чтобы проверить стабильность сравнивают общее среднее арифметическое результатов измерений, полученных до проверки, с общим

средним арифметическим результатов, полученных при проверке стабильности. Образцы можно считать стабильными, если выполнены условия

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq 0,3 \cdot \sigma_{pt} \text{ или} \quad (1)$$

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq 0,1 \cdot \delta_E, \quad (2)$$

где \bar{y}_1 - общее среднее арифметическое действительного значения величины до проверки стабильности, ед. величины;

\bar{y}_2 - общее среднее арифметическое действительного значения величины, полученной в условиях воспроизводимости (при проверке стабильности), ед. величины;

δ_E , - пределы допускаемой погрешности измерений величины, ед. величины;

σ_{pt} - среднее квадратическое отклонение величины, ед. величины;

Если существует возможность, что промежуточная прецизионность метода измерений (или неопределенность результатов измерений образца) вносит свой вклад в несоответствие критерию, то следует выполнить одно из следующих действий:

b) использовать исследование изохронной стабильности (измерения проводят в условиях повторяемости [48]);

c) увеличить неопределенность приписанного значения для учета возможной нестабильности;

d) расширить критерий приемки путем добавления неопределенности разности к σ_{pt} в соответствии со следующей формулой

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq 0,3 \cdot \sigma_{pt} + 2 \cdot \sqrt{u^2(\bar{y}_1) + u^2(\bar{y}_2)} \quad (3)$$

где $u(\bar{y}_1)$ - стандартная неопределённость общего среднего арифметического действительного значения величины до проверки стабильности, ед. величины;

$u(\bar{y}_2)$ - стандартная неопределённость общего среднего арифметического действительного значения величины,

полученной в условиях воспроизводимости (при проверке стабильности), ед. величины;

- 2 - коэффициент охвата расширенной неопределенности разности, обеспечивающий уровень доверия около 95 % в предположении независимости \bar{y}_1 и \bar{y}_2 .

В случае, если неравенства в формулах (1) – (3) не выполняются, согласно [3] следует выполнить следующие действия:

- количественно оценить влияние нестабильности и учесть его при определении оценок (например, используя z-индексы);
- проверить процедуры подготовки и хранения образцов для выявления возможности их улучшений;
- не определять оценки функционирования участников.

Если признание стабильности невозможно, то стабильность должна быть количественно оценена и рассматриваться как дополнительный вклад в неопределенность измерений, связанный с приписанным значением образца для проверки квалификации, и (или) учитываться критерием, используемым для оценки.

Следует отметить, что на момент проведения данных исследований не обнаружено документа, который бы содержал рекомендации по количественной оценке нестабильности любого СИ, используемого как ОПК и вариантах учёта нестабильности ОПК, как количественного вклада в неопределенность приписанных значений ОПК при МСИ.

На основании проанализированной информации можно сделать вывод о необходимости обзора методов и целей оценки нестабильности средств измерений, выбрать «условно подходящий» (наиболее гибкий и простой в исполнении метод из рассматриваемых) для целей адаптации к оценке количественного вклада нестабильности ОПК.

1.5 Обзор методов контроля и оценки стабильности эталонов при сличениях групп средств поверки одинакового уровня точности

Проведя обзор как действующих так и не действующих нормативных документов [13 - 15], которые устанавливают требования при сличениях групп средств поверки одинакового уровня точности расчетных формул и методик оценки нестабильности не выявлено.

Основным требованием к контрольному средству или эталону, применяемому в качестве ОПК является его стабильность и легкая транспортабельность. В случае отсутствия сведений о нестабильности ОПК, ее определяют в ГНМЦ. Для чего ОПК проверяют на нестабильность и за время выполнения сличений с исходным эталоном, так и за ожидаемое время проведения полного раунда МСИ.

Согласно [13] МСИ подразделяются на: круговые, радиальные, комбинированные.

В случае круговых сличений провайдер направляет одному участнику ОПК с целью проведения МСИ, после чего, по цепочке – следующим участникам. По завершению полного круга сличений ОПК возвращают провайдеру.

При радиальных сличениях каждый участник МСИ возвращает ОПК провайдеру для уточнения метрологических характеристик меры сравнения, только после этого провайдер передает ОПК следующему участнику.

Комбинированные сличения предполагают комбинацию круговых и радиальных сличений.

Выбор схемы сличений следует выбирать в зависимости от стабильности образца для проверки квалификации. Если нестабильность образца за время проведения сличений не превышает 20 % от допускаемой погрешности (целевой неопределенности) образца, следует выполнять МСИ по круговой схеме МСИ, в ином случае следует выбрать радиальную или комбинированную схему. По [15] допускается выбор круговых сличений и при 30 % нестабильности образца.

1.6 Обзор существующих целей и методов оценки нестабильности средств измерений

Согласно существующей НД [16 - 19], работы по оценке нестабильности могут проводиться как изготовителем СИ (при этом имеется возможность использовать значительный объем образцов для исследований) так и ГНМЦ (исследования стабильности эталонов в течение нескольких лет). И если ГНМЦ действительно контролируют и учитывают нестабильность эталонов, то редкий изготовитель СИ выполняет такую работу, поскольку процедуры поверки и калибровки обеспечивают доверие к тому, что МХ СИ не изменятся за период интервала между поверками (калибровками).

Использование провайдером эталонов, как ОПК возможно, но недостаточно, т.к. спрос на МСИ в области ОЕИ возрастает с каждым днем, потенциальные участники обращаются к провайдерам с предложениями по расширению спектра предлагаемых к проверке квалификации средств измерений, мер и испытательного оборудования, поскольку участие лабораторий в программах проверки квалификации посредством проведения МСИ, является важным инструментом для подтверждения компетентности и средством повышения качества результатов испытаний (измерений, исследований) и позволяет подтвердить компетентность в пределах своей области аккредитации.

Таким образом, перед провайдером встает задача, не просто провести МСИ, но и иметь процедуру количественной оценки нестабильности ОПК введения нестабильности ОПК как количественного вклада в неопределенность приписанных значений ОПК. При этом провайдер не располагает ни значительным количеством СИ, ни большим запасом времени, особенно на первых этапах реализации программ МСИ, когда статистика еще не набрана. В рамках текущей научной работы найдены и проанализированы три варианта оценки нестабильности СИ.

1.6.1 Определение предела допускаемой нестабильности в рамках количественного обоснования поверочных схем при их разработке

Согласно [17, 19] в качестве характеристик погрешности эталона могут быть указаны предел допускаемой нестабильности СИ ν_i за межповерочный интервал и предел допускаемых доверительных границ погрешности градуировки СИ δ_i при вероятности P_i [19].

Минимально допустимое значение предела допускаемой нестабильности $\nu_{i\min}$ по формуле

$$\nu_{i\min} = \frac{u_{i-1}}{\alpha_i} \quad (4)$$

где u_{i-1} - пределы допускаемых доверительных границ погрешности равно (относительной или абсолютной), в зависимости от способа поверки СИ;

α_i - определяется из таблицы 1 [19] в зависимости от фиктивного брака в среднем P_{qri} и отношений a_{i-1} .

Таблица 1 - Значения α_i в зависимости от a_i и P_{qri}

a_{i-1}	$P_{qri} = (1 - 2) \%$	$P_{qri} = (0,5 - 1) \%$
0,5 и менее	1 : 2	1 : 3
0,7	1 : 2,5	1 : 3,5
1	1 : 3	1 : 4,5
2	1 : 5	1 : 7
3	1 : 6	1 : 10

Исследования проводят с целью уточнения значений пределов допускаемой нестабильности СИ ν_{i*} , для указания в поверочной схеме и корректировки интервала между поверками. При этом исходной информацией для корректировки интервала между поверками в процессе эксплуатации эталонов являются:

- результаты испытаний на надежность или подконтрольной эксплуатации эталонов;
- результаты периодических поверок/калибровок.

Эта информация может быть использована для корректировки МПИ только при условии достаточности ее объема и достоверности.

Таким образом, согласно [18, 19] проанализировав протоколы ранее выполненных поверок или калибровок методами математической статистики можно оценить и вклад от нестабильности, и характер составляющей погрешности от нестабильности СИ при выполнении следующих условий:

- эксперимент должен выполняться в условиях повторяемости;
- для оценивания должен быть использован один и тот же экземпляр рабочего эталона.

Для лучшего понимания, можно переформулировать требование таким образом: на протяжении всего эксперимента (до нескольких лет) ко входу СИ должен быть подключен один и тот же эталон, а в помещении должны поддерживаться одни и те же условия. Очевидно, что использование и СИ и рабочего эталона в таком режиме является нерациональным. Кроме того, характер старения СИ в таких «тепличных» условиях, наверняка, будет отличаться от характера старения СИ в условиях эксплуатации.

Таким образом, можно сделать вывод, что представленный метод не в полной мере соответствует задаче оценки нестабильности ОПК, так как требуемая исходная информация зачастую отсутствует.

1.6.2 Методика испытаний на нестабильность (метрологическую надежность) средств измерений

Согласно [20] реализации данной методики формируют партию СИ для проведения испытаний. Объем N партии СИ, подвергаемой испытаниям, должен быть не менее 30. Отобранную партию СИ подвергают испытаниям в обычном или ускоренном (с известным коэффициентом ускорения) режиме.

Через равные промежутки времени эксплуатации или наработки Δt проводят измерения контролируемых параметров.

Промежуток Δt должен быть такой, чтобы приращения $\xi_j(\Delta t)$ МХ могли быть изменены с приемлемой достоверностью. Это означает, что $\xi_j(\Delta t)$ должны быть значимы на фоне случайной погрешности их измерений. Математическое выражение этого условия: Δt должно быть не менее значения $(\Delta t)_{\min}$, отвечающего равенству

$$\bar{v}[\Delta t_{\min}] = t(n-1, P) \sqrt{\frac{2}{N} \frac{S(\delta x)}{\delta_{\text{доп}}} \frac{1}{L} \left[1 + \frac{3}{n^2} \left(\frac{n+1}{2} + \frac{L^2}{n+1} \right) \right]}, \quad (5)$$

где $\bar{v}(\Delta t) = \frac{\overline{m}(\Delta t)}{\bar{x}(t_i)}$ - нестабильность МХ за один контрольный промежуток в относительной форме выражения;

$t(n-1, P)$ - квантиль распределения Стьюдента при числе степеней свободы $(n-1)$ и доверительной вероятности P ;

N - число испытываемых экземпляров СИ;

$S(\delta x)$ - СКО относительной погрешности измерения МХ;

$\delta_{\text{доп}}$ - предел допускаемой относительной погрешности прогнозирования среднего значения МХ;

$L = \frac{t}{\Delta t}$ - интервал прогнозирования, выраженный числом контролируемых промежутков наработки;

n - число независимых измерений значений МХ каждого экземпляра в каждый момент времени t_i ;

$\overline{m}(\Delta t)$ - средняя нестабильность МХ за интервал Δt ;

$\bar{x}(t_i)$ - среднее значение результата измерений МХ.

При самой простой, линейной модели прогнозирования метод наименьших квадратов требует не менее трех групп многократных измерений. Поэтому длительность испытаний должна быть не менее 2 интервалов времени Δt .

По результатам измерений нестабильности $\xi_j(i\Delta t)$, $j = 1, \dots, N$ за интервалы Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$ и так далее, до $n\Delta t$ включительно, находят выборочные характеристики распределения нестабильности СИ:

- средней нестабильности

$$\overline{m}(i\Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \xi_j(i\Delta t), i = 1, \dots, n; \quad (6)$$

- СКО нестабильности

$$\overline{\sigma}(i\Delta t) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N [\xi_j(i\Delta t) - \overline{m}(i\Delta t)]^2}. \quad (7)$$

Оценивают функции зависимости от времени средней нестабильности $m(t)$ и СКО нестабильности $\sigma(t)$ МХ в виде

$$m(t) = \sum_{k=0}^l m_k t^k, \quad (8)$$

$$\sigma(t) = \sigma_0 e^{rt}. \quad (9)$$

Коэффициенты m_k , σ_0 , r подбирают методом наименьших квадратов для функций $m(t)$ и $\ln \sigma(t)$. Порядок полинома l выбирают из ряда (1 ... 5) по критерию минимума погрешности аппроксимации.

Таким образом, данный метод так же не применим к решению задачи оценки нестабильности ОПК, т.к. предполагает для проведения испытаний использовать партию СИ с объемом партии не менее 30, что практически нереализуемо при проведении процедуры МСИ в области ОЕИ.

1.6.3 Метод оценки нестабильности в форме скорости дрейфа метрологических характеристик эталона - однозначной меры

Так как изначально поставленная задача не привязывается к калибровочной зависимости СИ, для анализа выбран метод оценки нестабильности в форме скорости дрейфа метрологических характеристик эталона - однозначной меры. Сущность метода заключается в использовании данных по серии калибровок или поверок. Чтобы получить оценку средней

скорости дрейфа мер в соответствии с [21, 22], в первую очередь нужно рассчитать скорость дрейфа в l -м интервале между калибровками

$$v_i = \frac{y_l - y_{l-1}}{t_l - t_{l-1}}, \quad (10)$$

где y_{l-1} – значение, приписанное калибруемой мере, при ее поступлении на $(l - 1)$ калибровку (действительное значение, приписанное мере при $(l - 1)$ калибровке, отнесенное к моменту времени t_{l-1}).

y_l – значение, приписанное мере при l - калибровке, отнесенное к моменту времени t_l .

Оценку средней скорости дрейфа за L интервалов между калибровками, прошедшими до рассматриваемого момента времени определяют как

$$\bar{v}_i = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L v_i, \quad (11)$$

а оценку неопределённости, оцениваемой по типу А средней скорости дрейфа за L интервалов между калибровками, как

$$u(\bar{v}_i) = \sqrt{\frac{1}{L \cdot (L-1)} \sum_{i=1}^L (v_i - \bar{v}_i)^2}. \quad (12)$$

Поправку на дрейф значения эталонной меры принимают равной

$$\Delta t = \bar{v}_i \cdot t, \quad (13)$$

где $t = (t_l - t_{l-1})$ время, прошедшее после последней калибровки эталонной меры. Стандартную неопределенность этой поправки определяют как

$$u(\Delta t) = u(\bar{v}_i) \cdot t. \quad (14)$$

Полученные оценки средней скорости дрейфа и стандартной неопределенности средней скорости дрейфа в дальнейшем используют для вычисления поправок к показаниям меры.

Предложенный подход наиболее соответствует задаче оценки нестабильности ОПК, чем два предыдущих.

1.6.4 Метод обнаружения характера составляющей погрешности от временной нестабильности СИ

Согласно авторам [23], для практического применения пригоден аналогичный подход [23], который заключается в периодической постановке эксперимента по оцениванию составляющей погрешности/неопределённости от временной нестабильности СИ при условии, что в другое время, как СИ, так и рабочий эталон, находятся в эксплуатации.

Оценку составляющей погрешности от временной нестабильности СИ в моменты времени t_k предлагается оценивать при помощи формулы

$$s(t_k - t_0) = X(t_k) - X(t_0) \quad (15)$$

где $X(t_k), X(t_0)$ - результаты измерений величины, воспроизводимой эталоном, в моменты времени t_k и t_0 соответственно.

Для обнаружения составляющей погрешности от временной нестабильности СИ предлагается использовать контрольные карты кумулятивных сумм, эффективность которых доказана экспериментально при помощи моделирования трех серий по 10 результатов измерений в предположении, что составляющая погрешности от временной нестабильности СИ изменяется по экспоненциальному закону [11].

Предложенный метод эффективен при использовании для определения характера составляющей погрешности (случайная или систематическая), однако для достоверной оценки погрешности необходимо от 30 до 35 результатов измерений, и поэтому в условиях МСИ на начальном этапе (первая реализация программ МСИ СИ выбранного типа), не подходит.

1.6.5 Оценка нестабильности СИ методами скользящей средней

Сущность метода заключается в анализе протоколов калибровки и проведении оценки нестабильности средств измерений с целью введения поправок на нестабильность средств измерений. Нестабильность оценивается по результатам нескольких последовательно проведенных калибровок в одной и той же контрольной точке диапазона измерений калибруемого средства измерений [24, 25]. Авторы [24, 25] утверждают, что оценка нестабильности СИ в соответствии с методикой [21, 22], приемлемо работающей в условиях

линейной модели нестабильности СИ, работает некорректно в условиях нелинейной (экспоненциальной) модели нестабильности СИ. Оценка нестабильности СИ методами скользящей средней обеспечивает лучшие результаты при числе калибровок равном трем, чем при большем числе.

В настоящем анализе выбраны для рассмотрения два метода:

1) метод экспоненциальной скользящей средней (ЕМА)

В основу метода положена экспоненциальная модель зависимости погрешности СИ от времени

$$y = \omega_0 \cdot e^{a \cdot t}, \quad (16)$$

где ω_0 – частота метрологических отказов на момент изготовления СИ при $t = 0$, a – ускорение процесса метрологического старения.

Для учета случайных эффектов модель дополнена вторым слагаемым

$$y_i = \omega_0 \cdot e^{a \cdot i \cdot \Delta t} + \varepsilon_{сл}, \quad (17)$$

где $\varepsilon_{сл}$ – случайная составляющая погрешности СИ;

Δt – интервал времени между калибровками,

i – порядковый номер интервала между калибровками [24].

Для нахождения экспоненциальной скользящей средней (ЕМА) предлагается использовать формулу:

$$\bar{y}_{ЕМАi} = \alpha \cdot v_i + (1 - \alpha) \cdot \bar{y}_{ЕМАi-1} \quad (18)$$

где α – параметр модели, определяемый по формуле $\alpha = \frac{2}{n+1}$,

n – количество интервалов калибровок, учитываемых при нахождении скользящей средней.

Предложенную формулу предлагается использовать для оценки прогноза изменения систематической составляющей погрешности в одной точке [25] диапазона измерений калибруемого СИ в следующем интервале между калибровками.

В качестве номинального значения нестабильности СИ ($v_{i \text{ ном}}$) использована оценка нестабильности СИ, полученная для каждого интервала

калибровки кусочно-линейной аппроксимацией при условии отсутствия случайной составляющей погрешности.

2) метод взвешенной скользящей средней (WMA)

Определяют средние значения, приписанные мере, усредненные за n интервалов времени, методом взвешенной скользящей средней

$$\bar{y}_{WMA\ i\ l-(n-1)/2} = \frac{\sum_{i=1}^n (n-1+1) \cdot y_{l-1+1}}{\sum_{i=1}^n i} \quad (19)$$

При этом интервалы между калибровками предполагаются равными между собой, т.е. $(t_l - t_{l-1}) = (t_{l-1} - t_{l-2}) = \dots = (t_l - t_0) = const$,

а полученные значения скользящих средних относят к середине интервала усреднения, т.е. при $n=3$, к моменту времени t_{l-1} .

Среднюю скорость дрейфа, усредненную за n интервалов между калибровками, отнесённую к середине интервала усреднения, методами скользящих средних определяют

$$\bar{v}_{WMA\ l} = \frac{\bar{y}_{WMA\ i\ l-(n-1)/2} - \bar{y}_{WMA\ i\ l-1-(n-1)/2}}{\Delta t} \quad (20)$$

Полученные значения средней скорости дрейфа могут быть использованы для введения поправок на нестабильность на интервале времени до следующей калибровки, т.е. при $t \in [t_l; t_{l+1}]$ по формуле

$$y(t) = y_l + \bar{v}_l \cdot (t - t_l) \quad (21)$$

Авторами источников [24, 25] при получении результатов калибровки использовано моделирование, с применением модели для полинома третьего порядка с теми же допущениями, что и для экспоненциальной модели, исследования проводились по результатам, получаемым на протяжении семи лет. Формой представления являются сравнительные табличные данные по методам и графические зависимости $y = f(t)$. Хотя авторами на примере трех средств измерений показано, что лучшими в долгосрочном планировании являются методы взвешенной скользящей средней (WMA) и экспоненциальной скользящей средней (ЕМА), рассматривая полученные графики в краткосрочной перспективе (1-2 года), видим, что на таком участке графика вполне может быть принята линейная модель нестабильности СИ.

Входные параметры для нахождения экспоненциальной (ЕМА) скользящей средней [24] недоступны без предварительно известных исходных данных или предположений, которые должны быть теоретически обоснованы, иначе метод не обеспечит ожидаемой достоверности, но усложнит обработку результатов. Метод взвешенной скользящей средней (WMA) показал довольно хороший результат прогнозирования, согласно [25], однако нельзя не оставить без внимания известные недостатки этого метода – первая и последняя из наблюдений временного ряда не получают сглаженных и затрудняет прогнозирование развития процесса.

Проанализировав предложенные методы, можно отметить, что практически все постулаты теории надежности построены вокруг предположения, что [11, 24] границы систематической и случайной составляющих погрешности СИ не превышают $0,4 \cdot \Delta$, а границы неустойчивости СИ не превышают $0,2 \cdot \Delta$ за интервал между поверками (условно принят за 1 год), где под Δ понимают пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ [20, 25].

Таким образом, напрашивается вывод, что не имея внушительного багажа результатов предварительных исследований, а так же сведений о модели зависимости погрешности калибруемого СИ от времени, а так же невозможности предсказать все возможные воздействия на средство измерений в процессе передачи его между участниками МСИ (очевидно, что заранее неизвестно, на в какой момент времени и на в какой точке диапазона измерений погрешность СИ превысит допускаемое значение, поэтому процесс возрастания дрейфовой погрешности может рассматриваться как [11] нестационарный случайный процесс, состоящий из пучка реализаций, соответствующих траекториям изменения погрешности в каждой точке диапазона измерений), применение любого из рассматриваемых методов несет риски неверного выбора метода. Недостатком метода предложенного в [24] относительно методов ЕМА и WMA можно выделить завышенное значение неопределённости измерений у метода [21], однако в случае проверки

стабильности и учете нестабильности ОПК при МСИ, это скорее достоинство, чем недостаток, т.к. предоставляет определённый запас по точности.

Таким образом, предлагается остановиться на методе, предложенном [21] в предположении линейной модели нестабильности СИ. Данный выбор обусловлен несколькими факторами:

- при проведении экспериментальных исследований с целью оценки стабильности ОПК проводится серия калибровок через небольшие и равные промежутки времени (эксперимент проводится на протяжении $\frac{1}{3}$ срока действия программы МСИ, количество калибровок после установления приписанного значения – не менее трёх, т.к. на первоначальном этапе внедрения программы МСИ выполнение требования о получении результатов калибровок на протяжении нескольких лет нереализуемо).

- в процессе установления приписанных значений ОПК и контроля за их стабильностью, получение калибровочной зависимости по всем контрольным точкам, установленным в методике калибровки, не обязательно и зачастую экономически нецелесообразно. Таким образом, оценка нестабильности будет проводиться с использованием результатов последовательных калибровок в одной и той же контрольной точке диапазона измерений калибруемого ОПК.

- метод прост для понимания, расчет не является трудоемким. Принимаем предположение, что, при помощи данного метода, спрогнозировать поведение приписанных характеристик ОПК на протяжении реализации программы МСИ возможно.

1.7 Выводы и постановка задач

Тенденции последних лет показали, что проверки квалификации для калибровочных и поверочных лабораторий применяются с целью мониторинга достоверности результатов своей деятельности наравне с аккредитацией. Только при помощи МСИ калибровочные и поверочные лаборатории могут получить внешнюю и независимую оценку качества своих результатов

измерений. А перед провайдером встает задача, не просто провести МСИ, но и предоставить качественный и стабильный ОПК, который бы не оказал значимого влияния на достоверность оценки компетентности участников МСИ.

Использование только эталонов (для которых сведения о стабильности имеются, а нестабильность оценивается и учитывается в обязательном порядке) в качестве ОПК значительно ограничивает и возможности провайдера и круг участников МСИ и, к тому же, значительно повышает стоимость МСИ.

В текущем разделе выявлено и отмечено отсутствие практических рекомендаций по количественной оценке нестабильности любого СИ, используемого как ОПК при проведении МСИ и вариантах учёта его нестабильности ОПК, в случае если признание стабильности невозможно.

Как вывод из вышесказанного, можно сформулировать основную цель исследования, в рамках данной ВКР - необходимо разработать процедуру количественной оценки нестабильности любого СИ, используемого как ОПК, включая учёт нестабильности ОПК, как количественного вклада в неопределенность приписанных значений ОПК, в условиях минимального количества ОПК, малого запаса времени (не более $1/3$ межкалибровочного интервала).

При этом, следует принять во внимание, что процедура проведения измерений участниками для целей МСИ обладает «гибкостью», т.е. в инструкции для участника вместо полноценной калибровки может быть поставлена задача провести калибровку в одной или нескольких контрольных точках диапазона (поддиапазона) измерений СИ. Решение по этому вопросу принимает координатор программы.

В качестве первых этапов достижения поставленной цели проведён обзор методов и целей оценки нестабильности средств измерений и выбран вариант оценки нестабильности СИ, как оценки дрейфа МХ за межкалибровочный интервал.

Можно сформулировать задачи исследования:

- разработать процедуру количественной оценки нестабильности средства измерений, используемого в качестве ОПК при МСИ в ФБУ «Томский ЦСМ», посредством адаптации выбранного метода оценки нестабильности к реальным условиям проведения МСИ;
- предложить вариант учёта нестабильности ОПК, как количественного вклада в неопределенность приписанных значений ОПК;
- проверить реализацию разработанной процедуры на примере анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе, используемого как ОПК при МСИ в ФБУ «Томский ЦСМ».

2 Разработка модели проверки стабильности и оценки нестабильности образцов для проверки квалификации при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений. Исследование модели на реальном объекте

2.1 Порядок оценивания стабильности ОПК для проведения МСИ в области ОЕИ

Как ранее оговаривалось, особенностью МСИ в области ОЕИ является небольшое количество единиц средств измерений, выступающих в качестве ОПК (обычно, в рамках выполнения одной программы МСИ участвует один ОПК, максимум – три). Использование большего количества является экономически нецелесообразным.

За планируемый период (обычно – календарный год) провайдер одновременно выполняет несколько программ МСИ с участием ОПК, выбираемых исходя из потребностей лабораторий - участников МСИ. Каждая программа МСИ выполняется под контролем назначаемого провайдером координатора.

Ввиду малого количества образцов для проверки квалификации в рамках одной программы МСИ провайдеру постоянно приходится решать задачи наиболее оптимальной организации маршрута передачи образцов участникам,

обеспечения и сохранения конфиденциальности сведений об участниках МСИ, сохранения целостности образца для проверки квалификации при транспортировке и т.п.

Одной из таких задач является обеспечение стабильности его приписанных значений. Критерии проверки стабильности ОПК приведены в предыдущем разделе. В настоящее время на базе ФБУ «Томский ЦСМ» отсутствует процедура количественной оценки нестабильности, применимая специально для целей МСИ. Следовательно, при выявлении нестабильности ОПК, данный образец к МСИ не допускается. Либо, при выявлении нестабильности ОПК в одной из нескольких контрольных точек (КТ), эта контрольная точка исключается из задачи на проведение МСИ участниками.

Задача данного раздела адаптировать выбранный в ранее метод для целей оценки нестабильности ОПК при МСИ и предложить его к использованию в ФБУ «Томский ЦСМ».

Выбор образцов для проверки квалификации и координаторов, отвечающих за проведение программы МСИ, проводят в соответствии с СТО 03-06-2020 [26].

После выбора ОПК, в рамках обеспечения стабильности, координатору провайдера следует действовать по схеме, приведённой на рисунке 2.

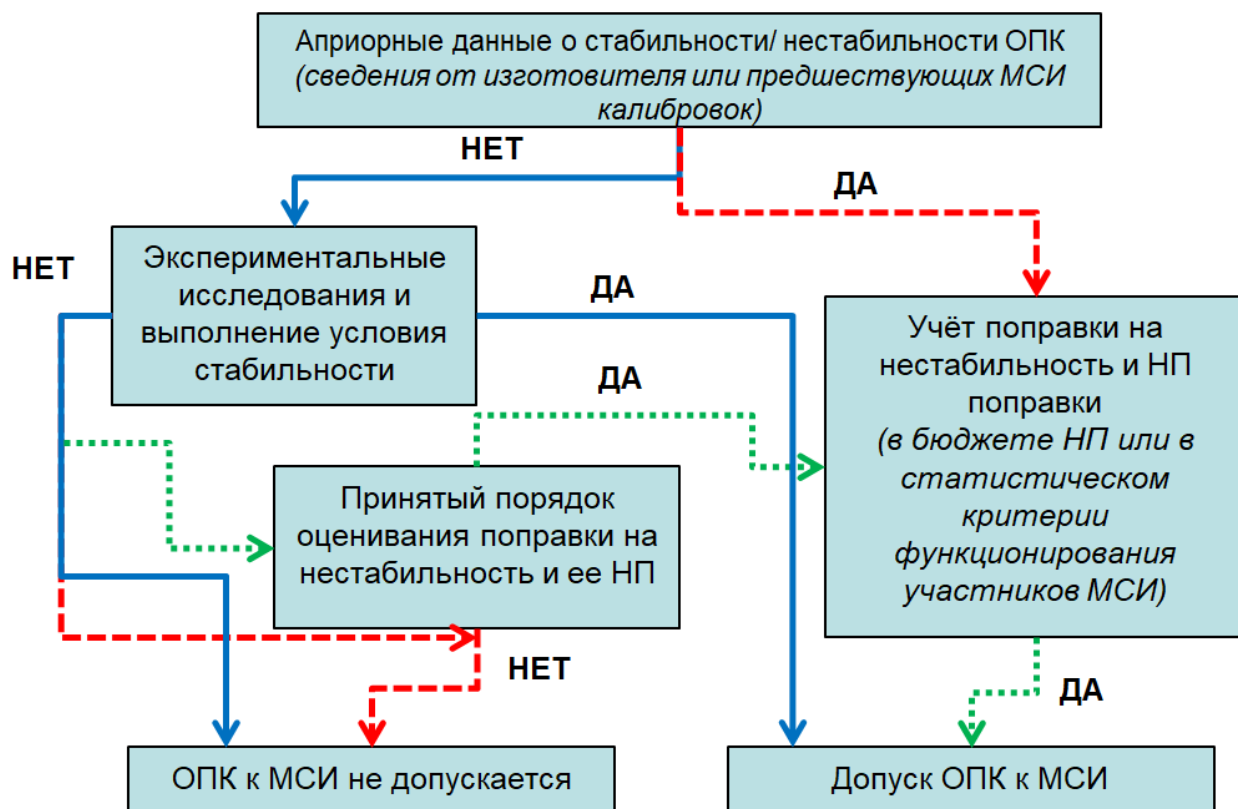


Рисунок 2 – Схема проверки стабильности и определения нестабильности ОПК

В настоящее время в ФБУ «Томский ЦСМ» используется только реализация, на рисунке 2 обозначенная синими стрелками. Вариант, обозначенный красной пунктирной стрелкой, был бы возможен при условии наличия сведений и методических указаний в эксплуатационной документации и нормативной количественных характеристик нестабильности СИ, используемого как ОПК и рекомендаций по количественной оценке и учёту оценок нестабильности и ее неопределённости. Зелёным цветом выделен вариант, который и планируется реализовать в рамках настоящего исследования.

Таким образом, координатору, которому поручен ОПК в первую очередь (до проведения экспериментальных исследований) следует подробно изучить априорные данные об ОПК: имеется ли информация о нестабильности, при каких условиях эта нестабильность проявляется в эксплуатационной документации на СИ, а так же поднять информацию о результатах предыдущих

калибровок в ФБУ «Томский ЦСМ», при наличии таковой. Если априорные сведения о нестабильности образца в сопровождающей его документации либо по результатам предыдущих испытаний обнаружены, координатору следует сравнить известное значение нестабильности с установленным критерием. Если критерий не превышен, экспериментальные исследования допускается не проводить, а ОПК допустить к МСИ.

При превышении критерия, координатору следует учесть известную поправку на нестабильность и ее вклад в неопределённость (как неопределённость по типу Б в предположении равномерного закона распределения) [21] в общем бюджете неопределённости при определении приписанных значений ОПК или в статистическом критерии функционирования участников МСИ:

– если нестабильность имеет случайный характер, то она нормирована границами нестабильности за МКИ $\pm\theta_{\text{нест}}$. Соответствующую стандартную неопределенность вычисляют по формуле

$$u_{\text{нест}} = \frac{\theta_{\text{нест}}}{\sqrt{3}}. \quad (22)$$

– нестабильность ОПК может быть нормирована границами изменения во времени калибровочного коэффициента K : $\pm\theta_{\text{нест}}(K)$. Соответствующую стандартную неопределенность калибровочного коэффициента в этом случае вычисляют по формуле

$$u_{\text{нест}}(K) = \frac{\theta_{\text{нест}}(K)}{\sqrt{3}}. \quad (23)$$

– если нестабильность имеет систематический характер (обычно из сведений по результатам предыдущих калибровок), то при выполнении калибровки в результат измерений вносится поправка, вычисляемая по формуле (26), соответствующую ей неопределенность вычисляют по формуле (27).

После чего ОПК допускается к проведению МСИ.

Если априорные сведения о нестабильности образца в сопровождающей его документации, либо по результатам предыдущих калибровок отсутствуют,

необходимо провести экспериментальные исследования в условиях внутрилабораторной прецизионности. Экспериментальные условия должны быть организованы таким образом, чтобы смоделировать условия проведения МСИ, т.е. необходимо варьировать такими факторами, как:

- а) оператор;
- б) средства калибровки;
- в) условия транспортирования и хранения;
- г) параметры окружающей среды;
- д) интервал времени между измерениями.

Экспериментальные исследования должны включать минимум 3 калибровки, проводимые через равные промежутки времени. Экспериментальные исследования проводятся по имеющейся или разработанной методике калибровки в установленных условиях окружающей среды с учетом варьирования факторами внутрилабораторной прецизионности. Результаты калибровок ОПК обрабатываются в соответствии с формулами (1) – (3).

Если условие стабильности выполняется – ОПК допускается к проведению МСИ.

2.2 Разработка метода оценивания нестабильности приписанных значений ОПК для допуска к МСИ в области ОЕИ

Если условие стабильности не выполняется, то координатор должен оценить нестабильность образца, для чего должен заполнить таблицу по форме таблицы 2, для чего расширить объем экспериментальных данных до четырёх, а лучше до шести калибровок.

Примечание – в настоящее время, для проверки стабильности по формулам (1) -(2) проводится в среднем 3 калибровки, однако для предложенных в данной работе методов этого количества недостаточно, т.к. результаты первой калибровки предлагается принять в качестве приписанных значений, а оставшихся двух результатов недостаточно для достоверной оценки.

Приписанное значение определяют при калибровке номер 1. Данные последующих калибровок со второй по четвертую (шестую) включительно приводят для сравнения с приписанным значением.

На основании полученных значений скорости дрейфа v_i рассчитывают среднюю скорость дрейфа за L интервалов между калибровками, прошедшими до рассматриваемого момента времени

$$\bar{v}_{ik} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L v_{ik}, \quad (24)$$

и составляющую неопределённости, оцениваемой по типу А

$$u(\bar{v}_{ik}) = \sqrt{\frac{1}{L \cdot (L-1)} \sum_{i=1}^L (v_{ik} - \bar{v}_{ik})^2}. \quad (25)$$

Таблица 2 - Определение скорости дрейфа приписанных значений образца для проверки квалификации в k -ой контрольной точке

Порядковый номер калибровки		2	3	4	5
Дата калибровки		T_1	T_2	T_3	T_4
Интервал между калибровками ОПК, дни		$t_1 = (T_1 - T_0)$	$t_2 = (T_2 - T_1)$	$t_3 = (T_3 - T_2)$	$t_4 = (T_4 - T_3)$
Значение ОПК, ед. величины	Приписанное (порядковый номер калибровки 1, дата калибровки T_0)	Y_{0k}	Y_{0k}	Y_{0k}	Y_{0k}
	Действительное	Y_{1k}	Y_{2k}	Y_{3k}	Y_{4k}
Изменение приписанного значения за l -й МКИ dx_l		$Y_{1k} - Y_{0k}$	$Y_{2k} - Y_{0k}$	$Y_{3k} - Y_{0k}$	$Y_{4k} - Y_{0k}$
Скорость дрейфа, ед. величины/день		$v_{1k} = \frac{Y_1 - Y_0}{t_1}$	$v_{2k} = \frac{Y_2 - Y_0}{t_2}$	$v_{3k} = \frac{Y_3 - Y_0}{t_3}$	$v_{4k} = \frac{Y_4 - Y_0}{t_4}$

Ниже к рассмотрению предлагаются варианты учёта нестабильности ОПК посредством введения поправки на скорость дрейфа и ее вклада в

неопределённость измерений при принятой вероятности $p=0,95$. Из этих вариантов и будет составлена итоговая модель проверки стабильности ОПК. Для возможности проверки предложенных вариантов введем несколько основных допущений:

1) Нестабильность ОПК может быть обусловлена некоторым количеством эффектов, на основании которых возникают как случайные кратковременные и постоянные погрешности, так и систематические (но в силу того, что на данном этапе их невозможно предсказать и следовательно – устранить, то делаем допущение, принимая их тоже как случайные).

2) Корреляция эффектов и их погрешностей отсутствует.

3) Предусмотреть или предотвратить воздействие всех эффектов и появление погрешностей в рамках данной измерительной задачи не представляются возможным.

4) Какую-то часть погрешности от нестабильности можно устранить введением поправки на нестабильность.

5) При в большинстве своем принимаем распределения случайных величин равномерными. Суммарное распределение погрешности / неопределённости, согласно центральной предельной теореме, принимаем нормальным.

Примечания:

1) Необходимо понимать, что оценки действительных значений калибруемого ОПК получают на основе повторных измерений. В действительности при калибровке различных СИ такие оценки могут быть сильно коррелированы в силу использования одних и тех же средств калибровки и метода измерений, поэтому необходимы дальнейшие исследования по данному направлению и сознательный набор статистических данных.

2) Статистическая оценка достоверности результатов разрабатываемой процедуры не входит в данное исследование, но подлежит дальнейшему изучению и оценке применимости за рамками текущего исследования.

2.2.1 Учет поправки на нестабильность и ее неопределённости, как функции линейной зависимости нестабильности от времени (метод 1)

Основным предположением является то, что составляющая погрешности/ неопределённости от временной нестабильности ОПК изменяется монотонно в течение времени эксперимента. Поправку на дрейф приписанного значения ОПК (в единицах измеряемой величины) принимают равной

$$\Delta t_j = \bar{v}_i \cdot t, \quad (26)$$

где $t = (t_{j-\text{уч}} - t_{4(6)})$ интервал времени, между датой последней калибровки $t_{4(6)}$ и датой калибровки, указанной в протоколе j-того участника МСИ $t_{j-\text{уч}}$ после последней калибровки ОПК, в днях.

Стандартную неопределенность этой поправки (в единицах измеряемой величины) определяют как

$$u(\Delta t_j) = u(\bar{v}_i) \cdot t. \quad (27)$$

Полученные оценки средней скорости дрейфа приписанного значения и стандартной неопределенности средней скорости дрейфа приписанного значения в дальнейшем используют для определения поправок к приписанного значения ОПК.

Возможны варианты внесения поправки:

1) Поправка вносится к приписанному значению, а вклад неопределённости - в бюджет неопределённости протокола калибровки (при этом для каждого участника протокол калибровки с приписанным значением будет изменяться относительно исходного. Такой вариант хоть и возможен, но признан неудобным при использовании в силу следующих причин:

- приписанное значение будет постоянно разным от участника к участнику;
- возникнет необходимость регулярно пересчитывать приписанное значение и бюджет неопределённости приписанного значения, что увеличит трудоемкость обработки результатов МСИ;

– увеличится объем отчетной документации за счет постоянного переназначения приписанного значения.

Возможно, имело бы смысл после проведения экспериментальных исследований принять t за полный срок реализации программы МСИ и на его основе рассчитать значения Δt_j и $u(\Delta t_j)$. Но и этот подход имеет свои недостатки, возможны необоснованно завышенные оценки полученной поправки на нестабильность и ее неопределённости, и следовательно, высокая вероятность появления так называемой ошибки второго рода для участников МСИ. Высок риск признать «хорошей» компетентность участников МСИ с «плохими» результатами, особенно если они находятся в числе первых по маршруту доставки ОПК.

2) Поправка вносится в статистический показатель для оценки результатов участников. Данный вариант введения поправки и учета ее неопределённости в данной работе рассматривается на примере статистического показателя для оценки результатов участников Еп-индекса (рекомендованного для оценки компетентности поверочных и калибровочных лабораторий) документами [2, 3].

Статистический показатель для оценки результатов участников, Еп-индекс, вычисляется для каждого предоставленного участниками МСИ результата измерений. Исходная формула расчета выглядит так

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}, \quad (28)$$

где x - действительное значение, определенное в лаборатории участника МСИ;

X - приписанное значение, определенное в экспертной лаборатории;

U_{lab} - расширенная неопределенность измерений значения x , полученного в лаборатории участника МСИ;

U_{ref} - расширенная неопределенность измерений значения X , полученного в экспертной лаборатории.

Предлагается модифицировать формулу, чтобы учесть поправку на нестабильность приписанного значения ОПК и его неопределённость

$$E_n = \frac{x - (X + \Delta t_j)}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2 + (2 \cdot u(\Delta t_j))^2}}, \quad (29)$$

где Δt_j - значение поправки, определенное для j-того участника МСИ, в единицах измеряемой величины;

$u(\Delta t_j)$ - стандартная неопределённость значения поправки, определенного для j-того участника МСИ, в единицах измеряемой величины;

2 - коэффициент охвата для принятой вероятности $p=0,95$ в предположении нормального закона распределения.

Предполагаемые недостатки этого подхода аналогичны предыдущему - необоснованно завышенные значения полученной поправки на нестабильность и ее неопределённость и высокая вероятность появления так называемой ошибки второго рода для участников МСИ но уже из числа последних.

2.2.2 Учет поправки на нестабильность и ее неопределённости, как величины принятой за постоянную на время проведения программы МСИ (метод 2)

За основное принято допущение о симметричности распределения нестабильности ОПК относительно нуля и неизменности составляющей погрешности / неопределённости за время реализации программы МСИ.

Предлагается поправку на дрейф приписанного значения ОПК (в единицах измеряемой величины) принимать равной

$$\Delta t_c = \bar{v}_i \cdot t_c, \quad (30)$$

где $t_c = (t_{4(6)} - t_0)$ интервал времени, между датой последней калибровки $t_{4(6)}$ и датой калибровки для определения приписанных значений ОПК, в днях. Стандартную неопределенность этой поправки (в единицах измеряемой величины) определять как

$$u(\Delta t_c) = u(\bar{v}_i) \cdot t_c. \quad (31)$$

В этом случае формула расчета для Еп-индекса будет выглядеть так

$$E_n = \frac{x - (X + \Delta t_c)}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2 + (2 \cdot u(\Delta t_c))^2}}, \quad (32)$$

где Δt_c - значение поправки, определенная за период проведения экспериментальных исследований, в единицах измеряемой величины;

$u(\Delta t_c)$ - стандартная неопределённость значения поправки, за период проведения экспериментальных исследований в единицах измеряемой величины;

2 - коэффициент охвата для принятой вероятности $p=0,95$ в предположении нормального закона распределения.

В этом случае каждый участник МСИ получит равные условия и небольшой запас по точности относительно приписанного значения, который может нивелировать некоторые непредсказуемые кратковременные эффекты и при этом не сильно повлиять на процедуру оценки компетентности каждого участника в целом.

2.3 Описание ОПК и этапов реализации программы МСИ средств измерений физико-химического состава и свойств

2.3.1 Выбор ОПК

Межлабораторные сличительные испытания в области обеспечения единства измерений проводят для проверки квалификации участника (при проведении поверочных и калибровочных работ), т.е. оценивания характеристики функционирования участника по заранее установленным критериям в соответствии с требованиями [2]. Образцами для контроля являются: средство измерений, искусственный объект, стандартный образец, часть оборудования, эталон. Определяемыми показателями в программах МСИ в ОЕИ являются действительные значения или погрешность (смещение) и

соответствующие неопределенности результатов измерений. Приписанные значения устанавливаются провайдером, как правило, до проведения раунда МСИ в собственных измерительных лабораториях или, при необходимости, в лабораториях метрологических институтов, имеющих наилучшие измерительные возможности.

Действующее законодательство об аккредитации [27] не содержит требований о проведении МСИ только аккредитованными провайдерами, поэтому каждый провайдер ежегодно помимо ОПК, относящихся к области аккредитации проводит так называемые «пилотные» проекты, реализуя программы МСИ на других ОПК, в которых заинтересованы потребители услуги МСИ.

В 2019 г. одним из таких «пилотных» проектов МСИ в качестве ОПК применялся анализатор концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе АКПЭ-01-Мета модификации АКПЭ-01.01М исполнения АКПЭ-01.01М-01, изготовленный ООО «Национальные Системы Контроля», г. Жигулевск (далее – алкометр). Алкометр является СИ утверждённого типа, регистрационный номер в ФИФОЕИ 14543-17 [28].

Выбор для настоящих исследований пал на алкометр по причине того, что несмотря на то, что алкометр позиционируется как СИ, предназначенное для экспрессного измерения массовой концентрации паров этанола в отобранной пробе выдыхаемого воздуха (т.е. подразумевается частое транспортирование алкометра при использовании), но при пересылке алкометра между участниками он показал низкую надёжность, и изымался из программы МСИ с целью ремонта.

Результаты участников показали наименьший процент удовлетворительных результатов при проверке их компетентности относительно других ОПК, используемых в программах в 2019 году. Возникло подозрение, что это связано с нестабильностью значений, которые не удалось обнаружить при стандартизированной проверке алкометра на стабильность.

Внешний вид анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе АКПЭ-01-Мета модификации АКПЭ-01.01М исполнения АКПЭ-01.01М-01 представлен на рисунке 3.

Алкометр представляет собой автоматический прибор циклического действия. Принцип действия алкометра - инфракрасный оптико-абсорбционный, основанный на измерении поглощения инфракрасного излучения парами этанола в определенной полосе спектра, выделенной интерференционным фильтром (на длине волны 3,4 мкм). Результаты измерений и сопровождающие сообщения отображаются на индикаторе алкометра и могут быть распечатаны на встроенном в виде протокола измерений на бумажном носителе с указанием текущей даты, времени, заводского номера алкометра, даты его поверки.



Рисунок 3 – Внешний вид анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе АКПЭ-01-Мета модификации АКПЭ-01.01М исполнения АКПЭ-01.01М-01

В алкометре реализован автоматический режим отбора пробы воздуха и термостатирование, для исключения конденсации паров этанола и воды на стенках газового тракта.

Алкометр имеет встроенное программное обеспечение со «средним» уровнем защиты программного обеспечения в соответствии с [29].

Диапазоны измерений и пределы допускаемой погрешности (соответствует целевой неопределённости) алкометра в зависимости от температуры окружающего воздуха представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Пределы допускаемой погрешности (соответствует целевой неопределённости) алкометра в зависимости от температуры окружающего воздуха

Температура окружающего воздуха, °С	Пределы допускаемой погрешности ¹	
	абсолютной (в диапазоне измерений от 0,000 ² до 0,200 мг/л)	относительной (в диапазоне измерений от 0,200 до 1,500 мг/л)
св. 0,0 до 5,0 включ.	±0,027 мг/л	±13,5 %
св. 5,0 до 10,0 включ.	±0,025 мг/л	±12,5 %
св. 10,0 до 15,0 включ.	±0,023 мг/л	±11,5 %
св. 15,0 до 25,0 включ.	±0,020 мг/л	±10,0 %
св. 25,0 до 30,0 включ.	±0,023 мг/л	±11,5 %
св. 30,0 до 35,0 включ.	±0,025 мг/л	±12,5 %
св. 35,0 до 40,0 включ.	±0,027 мг/л	±13,5 %
Примечания:		
1 Соответствует расширенной неопределённости при вероятности 0,95 с коэффициентом охвата k=2.		
2 В алкометре программным способом установлен минимальный интервал показаний, которые выводятся на индикатор анализатора и бумажный носитель в виде нулевых показаний: от 0,000 до 0,020 мг/л		

Несмотря на то, что алкометр является СИ утверждённого типа и обеспечен методикой поверки, в качестве варианта реализации требования к определению приписанных значений [2] в качестве руководящего документа выбрана методика калибровки, обеспечивающая выполнение задач, поставленных перед калибровщиком заказчиком. Выбор обусловлен тем фактором, что калибровка является добровольной и универсальной метрологической процедурой, которая может быть применена как к СИ утверждённого типа, так и к СИ неутверждённого типа.

Перед координатором при реализации программы МСИ, до отправки ОПК участникам МСИ, поставлены задачи - определение приписанных значений величин, определённых посредством калибровки ОПК, проверка на метрологическую пригодность для целей МСИ (т.е. проверка стабильности) и допуск ОПК к МСИ.

В реальной жизни для калибровки используются методики поверки для этого же или аналогичного СИ, но для нетривиальных задач методику калибровки приходится разрабатывать специально. Возвращаясь к требованиям [2] приписанное значение, при реализации программы МСИ в области ОЕИ, должно в обязательном порядке обладать метрологической прослеживаемостью и иметь информацию о неопределённости измерений.

Современные требования к содержанию и изложению методикам калибровки средств измерений установлены в [30] и отвечают требованиям к обеспечению приписанных значений необходимой информацией.

Для результатов измерений информация о неопределённости играет наиважнейшую роль. Сформированный бюджет неопределённости измерений позволяет проанализировать источники неопределённости, учесть или исключить вероятные составляющие неопределённости.

Для реализации программы МСИ алкометра возникла потребность в разработке методики калибровки, которая бы отвечала следующим задачам:

- получение приписанного значения с неопределённостью измерений;
- обеспечение прослеживаемости приписанного значения;

– подготовки прозрачного и обоснованного алгоритма оценки неопределённости измерений, предлагаемого участникам МСИ в качестве рекомендуемого (т.к. оценка неопределённости измерений вызывает наибольшие затруднения у участников МСИ), при этом участники вправе использовать собственный алгоритм оценки неопределённости измерений.

Для целей калибровки алкометра исходя из измерительных возможностей ФБУ «Томский ЦСМ» были выбраны средства калибровки, представленные в таблице 4.

Таблица 4 - Средства калибровки алкометров

Наименование средства калибровки	Метрологические и технические характеристики	
	диапазон измерений	погрешность
Генератор газовых смесей паров этанола в воздухе GUTH 10-4D (далее - генератор)	от 40 до 80 мг/м ³	пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения массовой концентрации этанола в газовых смесях ± 4 мг/м ³
	св. 80 до 2000 мг/м ³	пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения массовой концентрации этанола в газовых смесях ± 5 мг/м ³
Термогигрометр ИВА-6А-Д	относительной влажности от 0 до 90 %	пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 2 %
	температуры от -20 до +60 °С	пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ °С
	атмосферного давления от 70 до 110 кПа	пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 2,5$ кПа
Воздух нулевой ТУ 2114-008-53373468-2008	объемная доля кислорода 20,5 %	пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 1,0$ %
Азот газообразный ТУ 2114-007-53373468-2008	объемная доля азота не менее 99,9994 %	-
ГСО 8789-2006 водного раствора этанола ВРЭ-2	интервал допускаемых (номинальных) аттестованных значений от 0,10 до 6,0 мг/см ³	границы относительной погрешности (P=0,95) $\pm 1,0^*$ % * соответствует относительной расширенной неопределенности при коэффициенте охвата k=2

Таблица 4 - Средства калибровки алкометров

Наименование средства калибровки	Метрологические и технические характеристики	
	диапазон измерений	погрешность
Ротаметр РМ-0,63 ГУЗ (или РМ-1 ГУЗ) по ГОСТ 13045-81	верхний предел измерений объемного расхода 0,63 м ³ /ч (1,0 м ³ /ч)	пределы допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 2,5$ % от верхнего предела измерений
Камера климатическая любого типа	Диапазон поддержания и воспроизведения температур от минус 10 до плюс 40 °С	допускаемое отклонение температуры от установленного значения ± 2 °С
Вентиль точной регулировки ВТР-1 или ВТР-1-М160	диапазон рабочего давления от 0 до 150 кгс/см ² диаметр условного прохода 3 мм	
Трубка из поливинилхлорида	6×1,5 мм	
Вода дистиллированная	по ГОСТ 6709-72	

Примечания:

1 Генераторы применяются в комплекте с государственными стандартными образцами состава водных растворов этанола ВРЭ-2 (ГСО 8789-2006). В качестве источника воздуха используется поверочный нулевой газ - воздух в баллонах под давлением.

2 При проведении калибровки допускается применение других средств измерений, стандартных образцов и газовых смесей, обеспечивающих определение метрологических характеристик калибруемого алкометра с требуемой точностью

Для обеспечения прослеживаемости, эталоны и средства измерений, применяемые для калибровки алкометра, имеют действующие свидетельства об аттестации (для эталонов) и свидетельства о поверке (для средств измерений).

В рамках данной работы был разработан документ на методику калибровки МК 31-60-2019 «Анализаторы концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе. Методика калибровки» (далее - МК), утвержденный заместителем директора по метрологии ФБУ «Томский ЦСМ» 30.04.2019 г., приведён в приложении Б.

При разработке документа на методику калибровки были приняты вероятность $p=0,95$ и допущение, что если достоверно о законе распределений вероятности случайной величины не известно, принимаем ЗРСВ нормальным.

2.3.2 Установление приписанных значений погрешности и неопределённости измерений массовой концентрации паров этанола в отобранной пробе выдыхаемого воздуха и контроль стабильности приписанного значения стандартизованным методом

Приписанные значения относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола в ориентировочных контрольных точках (КТ): 0 мг/см³; (0,129±0,013) мг/см³; (0,386±0,039) мг/см³; (1,22±0,12) мг/см³; (2,83±0,282) мг/см³; (3,86±0,39) мг/см³ и соответствующие неопределенности установлены в соответствии с методикой калибровки МК 31-60-2019 в аккредитованной лаборатории: отделе теплотехнических и физико-химических средств измерений ФБУ «Томский ЦСМ» (аттестат аккредитации RA.RU. 311225).

Эксперимент по проверке стабильности ОПК проводился в условиях воспроизводимости в течение 3 месяцев (апрель, май, июнь 2019 г.). Результаты каждого исследования отражены в протоколах калибровки, к настоящей работе не прилагаются.

Результаты исследований ОПК в условиях воспроизводимости отражены в таблице 5.

Таблица 5 - Результаты исследований ОПК в условиях воспроизводимости

Аттестованное значение массовой концентрации этанола, C_o , мг/см ³	Действительное значение относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола, %		
	апрель 2019 г.	май 2019 г.	июнь 2019 г.
0	0	0	0
0,12 ±1,0 %	0,87	0,56	-1,39
0,385 ±1,0 %	-1,92	2,08	3,21
1,35 ±1,0 %	-2,46	2,68	-0,25
2,19 ±1,0 %	-1,21	1,05	0,31
3,86 ±1,0 %	-13,90	-11,84	-12,71

Критерии проверки стабильности рассчитывались по формуле (2) и представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Значения критериев проверки стабильности ОПК в КТ

Аттестованное значение массовой концентрации этанола, C_o , мг/см ³	Пределы допускаемой погрешности измерений массовой концентрации этанола, δ_E , %	Критерий проверки стабильности, $0,1 \cdot \delta_E$, %
0	10,00	1,00
$0,12 \pm 1,0$ %	16,70	1,70
$0,385 \pm 1,0$ %	10,00	1,00
$1,35 \pm 1,0$ %	10,00	1,00
$2,19 \pm 1,0$ %	10,00	1,00
$3,86 \pm 1,0$ %	10,00	1,00

Результаты проверки стабильности ОПК приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Результаты проверки стабильности ОПК за период апрель-июнь 2019 г.

Аттестованное значение массовой концентрации этанола, мг/см ³	\bar{y}_1 , %	\bar{y}_2 , %	$ \bar{y}_1 - \bar{y}_2 $, %	δ_E , %	$0,1 \cdot \delta_E$, %	Проверка условия (1)
0	0	0	0	10,00	1,00	вып.
$0,12 \pm 1,0$ %	1,0	0,01	0,99	16,70	1,67	вып.
$0,385 \pm 1,0$ %	1,0	1,12	-0,12	10,00	1,00	вып.
$1,35 \pm 1,0$ %	1,0	-0,01	1,01	10,00	1,00	вып.
$2,19 \pm 1,0$ %	1,0	0,05	0,95	10,00	1,00	вып.
$3,86 \pm 1,0$ %	1,0	-12,82	13,82	10,00	1,00	не вып.

За период апрель-июнь 2019 г. статистически значимое изменение исследования стабильности обнаружено только для точки 3,86 мг/см³. В соответствии с действующим в настоящее время порядком проверки стабильности в ФБУ «Томский ЦСМ» данная контрольная точка не допущена к проведению МСИ. По остальным контрольным точкам статистически значимых изменений не обнаружено.

Полученные в результате экспериментальных исследований ОПК действительные значения относительной погрешности и соответствующие им относительные расширенные неопределенности приведены в таблице 8.

В рамках данной работы были проведены дополнительные исследования по оценке стабильности алкометра во время проведения раунда, т.к. алкометр показал низкую надежность при транспортировке, в результате которой подвергся ремонту. Критерии проверки стабильности использованы ранее рассчитанные.

Таблица 8 – Действительное значение относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола ОПК

№ КТ	Действительное значение относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола, %	Расширенная относительная неопределенность измерений, $(P=0,95, k=2)$, %
1	0	0,36
2	0,87	17,58
3	-1,92	4,33
4	-2,46	2,34
5	-1,21	1,85

В качестве \bar{y}_1 было взято среднее арифметическое значение за период апрель-июнь 2019 г., среднее арифметическое значение \bar{y}_2 , получали за апрель-декабрь 2019 г. Результаты проверки стабильности ОПК приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Проверка стабильности ОПК после ремонта

C_o , мг/см ³	\bar{y}_1 , %	\bar{y}_2 , %	$ \bar{y}_1 - \bar{y}_2 $, %	δ_E , %	$0,1 \cdot \delta_E$, %	Проверка условия
0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	1,00	вып.
$0,12 \pm 1,0$ %	0,01	0,23	-0,21	16,70	1,70	вып.
$0,385 \pm 1,0$ %	1,12	1,23	-0,11	10,00	1,00	вып.
$1,35 \pm 1,0$ %	-0,01	-0,27	0,26	10,00	1,00	вып.
$2,19 \pm 1,0$ %	0,05	-0,23	0,28	10,00	1,00	вып.

За период апрель-декабрь 2019 г. статистически значимых изменений не обнаружено. Принято, что ОПК работоспособен, и может быть допущен к продолжению МСИ, приписанное значение ОПК стабильно и остается неизменным.

2.3.3 Обработка результатов МСИ по стандартизованным критериям оценки»

Участниками МСИ являлись лаборатории, осуществляющие поверку или калибровку средств измерений массовой концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе. Каждому участнику доставлялся ОПК, копия эксплуатационной документации на ОПК, инструкция для участника межлабораторных сличительных испытаний. Доставка ОПК каждому участнику в соответствии с заявками на участие в МСИ осуществлялась транспортной компанией согласно гражданско-правовому договору с провайдером. По мере поступления новых заявок маршрут корректировался в процессе раунда.

Участники проводили испытания ОПК в соответствии с документом МП-242-2087-2017 [31], получая по пять результатов измерений в каждой контрольной точке. Испытаний по собственным документам на методику калибровки, действующем на предприятии - участнике межлабораторных сличительных испытаний не зафиксировано. Прослеживаемость измерений при МСИ обеспечивалась за счет использования участниками средств измерений, прошедших поверку в установленном порядке.

В качестве критерия оценивания результатов МСИ использовали E_n -индекс (28). Для интерпретации характеристик функционирования участников критическим значением является 1,0.

Значение $|E_n| \leq 1,0$ указывает на удовлетворительную характеристику функционирования и не требует выполнения действий;

Значение $|E_n| > 1,0$ указывает на неудовлетворительную характеристику функционирования и требует выполнения действий.

Результаты участников и значения E_n -индекса приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты участников МСИ

Номер КТ	Действительное значение относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола, %	Расширенная относительная неопределенность измерений, % ($k=2$, $P=0,95$)	Значение E_n	Заключение
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-01				
4	-1,19	5,94	0,2	удовл.
5	-4,16	5,94	-0,5	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-02				
4	-6,15	3,14	-0,9	удовл.
5	-7,60	1,49	-2,7	неудовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-03				
4	4,00	7,76	0,8	удовл.
5	4,00	6,33	0,8	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-04				
4	-1,40	3,03	0,3	удовл.
5	-8,70	3,02	-2,1	неудовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-05				
4	-1,09	2,66	-0,4	удовл.
5	3,54	1,48	-2,0	неудовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-06				
4	1,50	3,23	1,0	неудовл.
5	-2,60	3,62	-0,3	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-07				
4	4,01	20,17	0,3	удовл.
5	-2,75	12,79	-0,1	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-08				
4	-0,46	5,87	0,3	удовл.
5	-2,53	5,88	-0,2	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-09				
4	7,50	3,20	2,5	неудовл.

Для наглядности результаты МСИ анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе АКПЭ-01-Мета модификации АКПЭ-01.01М исполнения АКПЭ-01.01М-01 обобщены и представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Обобщенные результаты МСИ

Информация о полученных результатах испытаний		Значения
Контрольная точка 4: приписанное значение		-2,46 %
Результат испытаний	Максимальный	7,50 %
	Минимальный	-6,15 %
Число результатов измерений, полученных от участников МСИ	Всего	9
	Удовлетворительных	7
	Неудовлетворительных	2
	Процент удовлетворительных результатов	78 %
Контрольная точка 5: приписанное значение		-1,21%
Результат испытаний	Максимальный	-8,70 %
	Минимальный	-2,53 %
Число результатов измерений, полученных от участников МСИ	Всего	8
	Удовлетворительных	5
	Неудовлетворительных	3
	Процент удовлетворительных результатов	62,55 %

2.4 Проверка применимости предложенной модели оценивания стабильности ОПК для проведения межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений на примере результатов МСИ алкометра

Для получения оценок скорости дрейфа (%/день), средней скорости дрейфа (%/день) и стандартной неопределенности (по типу А) средней скорости дрейфа (%/день) использованы данные таблицы 5. Результаты этих оценок представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Оценки характеристик нестабильности

Порядковый номер калибровки		2	3	4
Дата калибровки		07.05.2019	13.06.2019	-
Интервал между калибровками ОПК, дни		35	37	-
Контрольная точка № 4				
Значение ОПК, %	приписанное (порядковый номер калибровки 1, дата калибровки T_0 02.04.2019)	-2,46	-2,46	-
	действительное	2,68	-0,25	-
Изменение приписанного значения за l -й МКИ dx_l , %		5,14	2,21	-
Скорость дрейфа, %/день		0,147	-0,007	-
Средняя скорость дрейфа значения, %/день		0,070		
Стандартная неопределенность (по типу А) средней скорости дрейфа, %/день		0,062		
Контрольная точка № 5				
Значение ОПК, %	приписанное (порядковый номер калибровки 1, дата калибровки T_0 02.04.2019)	-1,21	-1,21	-
	действительное	1,05	0,31	-
Изменение приписанного значения за l -й МКИ dx_l , %		2,26	1,52	-
Скорость дрейфа, %/день		0,065	0,008	-
Средняя скорость дрейфа значения, %/день		0,036		
Стандартная неопределенность (по типу А) средней скорости дрейфа, %/день		0,023		

Проанализировав полученные результаты оценок поправки и ее неопределённости, можно обратить внимание на довольно большой «разброс»

скорости дрейфа за разные интервалы между поверками, это обусловлено факторами технической сложности алкометра и реализованного метода измерений массовой концентрации этанола в выдыхаемом воздухе, который, с точки зрения получения результатов измерений, «прямым» методом измерений можно назвать только условно.

Очевидно, что для действительно прямых методов измерений, например таких, как измерение длины при помощи штангенциркуля, давления, при помощи манометра и т.п., полученные результаты оценок поправки на дрейф и ее неопределённости будут ниже и «воспроизводимее».

Так же хочется обратить внимание на недостаточность количества результатов калибровок (текущего примера) для получения оценки среднего арифметического этих результатов калибровки. Такое малое количество результатов невозможно проверить на наличие выбросов, и соответственно судить о том, насколько полно данными результатами охвачен процесс изменения приписанного значения во времени.

Таким образом, для проведения оценивания поправки на дрейф и ее неопределённости трех калибровок во время проверки стабильности явно недостаточно.

2.4.1 Обработка результатов МСИ с применением метода учёта поправки на нестабильность и ее неопределённости, как функции линейной зависимости нестабильности от времени

Для расчета использованы данные таблицы 13, расчёт проводился по формулам (26), (27). Поправка и ее неопределённость приводились поправки к интервалу времени проведения (длительности) программы МСИ 268 дней. Результаты оценивания представлены в таблице 14 .

Таблица 14 – Результаты оценивания нестабильности, приведённые к интервалу времени проведения (длительности) программы МСИ 268 дней

Характеристики нестабильности алкометра	КТ 4	КТ 5
Поправка на дрейф, %	18,77	9,78
Стандартная неопределённость поправки на дрейф, %	16,81	6,15

Можно обобщить полученные результаты:

- значения полученной поправки на нестабильность и ее неопределённости необоснованно завышены;
- введение такой поправки автоматически все результаты представленные участниками признает удовлетворительными, что делает проверку компетентности неэффективной.

Для опробования варианта с приведением поправки к интервалу времени между датой последней калибровки эксперимента по проверке стабильности и датой проведения измерений участником, необходимы точные сведения о датах проведения калибровки участниками МСИ, эти данные взяты из протоколов участников и сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Сведения об участниках МСИ

Город участника	Кодовый номер участника	Дата проведения испытаний	Интервал времени*
г. Нижний Новгород	МСИ-05-алкометр/2019-01	16.07.2019	33
г. Калуга	МСИ-05-алкометр/2019-02	23.07.2019	40
г. Волгоград	МСИ-05-алкометр/2019-03	19.08.2019	67
г. Омск	МСИ-05-алкометр/2019-04	05.09.2019	84
г. Новосибирск	МСИ-05-алкометр/2019-05	20.09.2019	99
г. Бийск	МСИ-05-алкометр/2019-06	03.10.2019	112
г. Чита	МСИ-05-алкометр/2019-07	16.10.2019	125
г. Омск	МСИ-05-алкометр/2019-08	13.12.2019	183
г. Норильск	МСИ-05-алкометр/2019-09	26.12.2019	196
*между датой последней калибровки эксперимента по проверке стабильности и датой участника			

Вычисление поправок и неопределённостей к ним проводилось по формулам (26), (27). Результаты расчёта поправки для первого и последнего участника приведены в таблице 16.

Таблица 16 - Результаты расчёта поправки на нестабильность ОПК для первого и последнего участника МСИ

Кодовый номер участника	Характеристики нестабильности алкометра	КТ 4	КТ 5
МСИ-05-алкометр/2019-01	Средняя скорость дрейфа значения, %/день	2,310	1,188
	Стандартная неопределенность (по типу А) средней скорости дрейфа, %/день	2,046	0,759
...			
МСИ-05-алкометр/2019-09	Средняя скорость дрейфа значения, %/день	13,72	7,06
	Стандартная неопределенность (по типу А) средней скорости дрейфа, %/день	12,15	4,51

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что данный вариант так же неприемлем для сложных технически ОПК, типа алкометра, т.к. оценки определяемых характеристик нестабильности тоже получаются завышенными.

Вывод: метод учёта поправки на нестабильность и ее неопределённости, как функции линейной зависимости нестабильности от времени не эффективен для оценки нестабильности алкометра и не применим к данной измерительной задаче.

2.4.2 Обработка результатов МСИ с применением метода учёта поправки на нестабильность и ее неопределённости, как величины принятой за постоянную на время проведения программы МСИ

Для расчета использованы данные таблицы 13, расчёт проводился по формулам (30), (31) и приводился к длительности экспериментальных исследований 77 дней.

Поправка вносилась в статистический показатель для оценки результатов участников по формуле (32). Результаты участников МСИ с учётом введённой в значение E_n – индекса поправки на нестабильность и ее неопределённости представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты участников МСИ с учётом введённой в значение E_n – индекса поправки на нестабильность и ее неопределённости

Номер контрольной точки	Действительное значение относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола, %	Расширенная относительная неопределённость измерений, % ($k=2, P=0,95$)	Значение E_n	Заключение
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-01				
4	-1,19	5,94	-0,53	удовл.
5	-4,16	5,94	-0,85	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-02				
4	-6,15	3,14	-1,77	неуд.
5	-7,60	1,49	-3,00	неуд.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-03				
4	4,00	7,76	0,16	удовл.
5	4,00	6,33	0,38	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-04				
4	-1,40	3,03	-0,82	удовл.
5	-8,70	3,02	-2,53	неуд.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-05				
4	-1,09	2,66	-0,79	удовл.
5	3,54	1,48	0,72	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-06				
4	1,50	3,23	-0,22	удовл.
5	-2,60	3,62	-0,89	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-07				
4	4,01	20,17	0,07	удовл.
5	-2,75	12,79	-0,32	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-08				
4	-0,46	5,87	-0,43	удовл.
5	-2,53	5,88	-0,61	удовл.
Кодовый номер участника - МСИ-05-алкометр/2019-09				
4	7,50	3,20	0,99	удовл.
Примечание – жирным шрифтом выделены результаты проверки отличные от результатов представленных в таблице 11				

В таблице 18 представлены результаты МСИ, полученные стандартизованным методом и с введённой поправкой для их сопоставления по предложенному методу 2.

Таблица 18 – Сравнение обобщенных результатов МСИ без введения поправки на нестабильность и ее неопределённости и с поправкой

Информация о полученных результатах испытаний		Введение поправки на нестабильность	
		Нет	Да
Приписанное значение ОПК в контрольной точке 4		-2,46 %	
Число результатов измерений, полученных от участников МСИ	Всего	9	9
	Удовлетворительных	7	8
	Неудовлетворительных	2	1
	Процент удовлетворительных результатов	78 %	89 %
Приписанное значение ОПК в контрольной точке 5		-1,21%	
Число результатов измерений, полученных от участников МСИ	Всего	8	8
	Удовлетворительных	5	6
	Неудовлетворительных	3	2
	Процент удовлетворительных результатов	63 %	75 %

Для наглядности сравнение обобщенных результатов МСИ без введения поправки на нестабильность и ее неопределённости и с поправкой отображено при помощи гистограммы, представленной на рисунке 4.

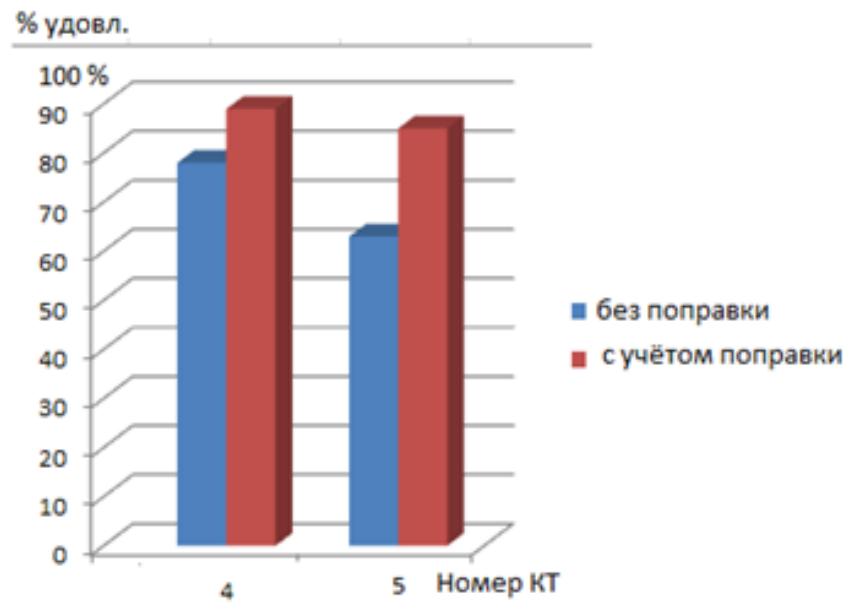


Рисунок 4 – Гистограмма соотношения результатов стандартизованного и продолженного методов

3 Обсуждение результатов

На основании проведённого в первом разделе анализа существующих методов оценки нестабильности СИ предложено два варианта оценки нестабильности ОПК: метода, предполагающего учёт поправки на нестабильность и ее неопределённости, как функции линейной зависимости нестабильности от времени и метода учёта поправки на нестабильность и ее неопределённости, как величины принятой за постоянную на время проведения программы МСИ.

Для проверки возможности применения этих методов использованы реальные результаты измерений, полученные при выполнении программы МСИ анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе в 2019 г. Проведён сопоставительный анализ предложенных методов оценки и учёта нестабильности ОПК на одних и тех же результатах:

- показана полная неприменимость первого метода для алкометра в частности (и сложных СИ в общем) за счет очень завышенных оценок характеристик нестабильности приписанных значений.

- показана возможность внедрения второго метода для алкометра в частности (и сложных СИ в общем). Отмечено повышение удовлетворительных результатов МСИ при применении второго метода для КТ 4 и 5 на 11 % и 12 % соответственно.

Таким образом, модель проверки стабильности и количественной оценки нестабильности СИ, используемого в качестве ОПК при МСИ в ФБУ «Томский ЦСМ», предложена и опробована на реальном примере.

В качестве итога составлена логическая модель проверки стабильности ОПК в процессе проведения МСИ в области ОЕИ, представленная на рисунке 5.

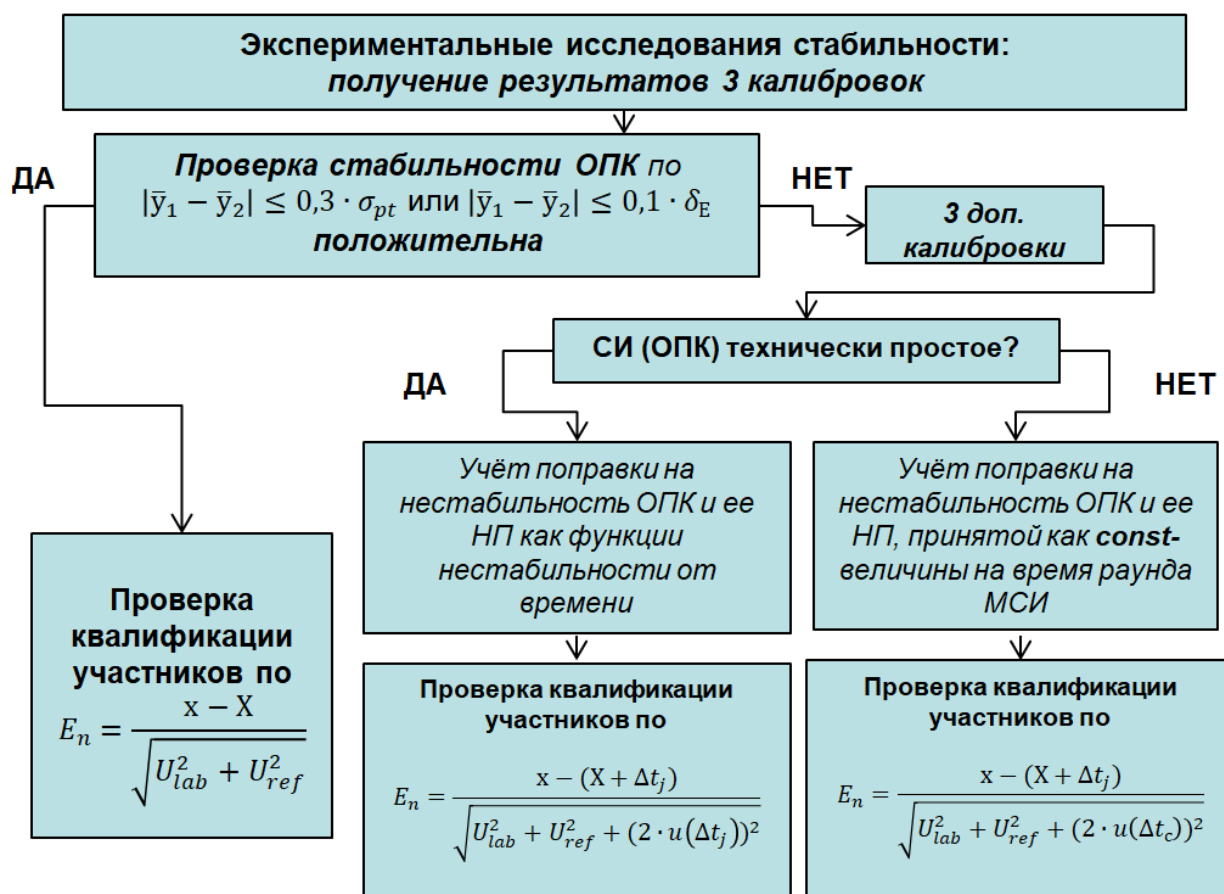


Рисунок 5 - Логическая модель проверки стабильности ОПК в процессе проведения МСИ в области ОЕИ

Установлено, что значения искомым характеристик нестабильности ОПК возможно определять с приемлемой для целей МСИ эффективностью при приемлемой продолжительности эксперимента (2 - 3 месяца). Обязательными условиями являются проведение дополнительной серии калибровок и проверка полученных результатов измерений на выбросы [32].

4 Социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий, в которых будет проводиться анализ стабильности образцов для проверки квалификации при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений. Учены вредные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, как электромагнитное излучение, неоптимальный микроклимат помещения, недостаточность освещения, поражение электрическим током. Так же указан характер вредного воздействия данных факторов на организм и последствия их длительного и чрезмерного воздействия. Произведён расчёт потребного воздухообмена в производственном помещении, где расположено рабочее место.

Рабочим местом является кабинет 213 отдела технического регулирования и метрологического обеспечения (ОТРМО) ФБУ «Томский ЦСМ» по адресу г. Томск, ул. Косарева 17а, рабочей зоной является компьютерный стол с персональным компьютером (ПК). Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении.

В данном разделе проанализированы возможные чрезвычайные ситуации (ЧС), которые могут возникнуть на рабочем месте, и установлены необходимые действия в случае их возникновения.

4.1 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности

4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 ч;

- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 мин после (1 - 2) ч работы, не менее 30 мин после 2 ч работы);
- обеденный перерыв не менее 40 мин.

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда.

Предприятие обеспечивает рабочий персонал всеми необходимыми средствами индивидуальной защиты, проводит специальную оценку условий труда.

Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. Согласно трудовому кодексу РФ:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 ч в неделю;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы физических упражнений и осуществлять проветривание помещений [41].

Государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм осуществляют специализированные органы, такие как Государственная инспекция труда (Роструд); Государственная экспертиза условий труда (комитет по труду и занятости населения); Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место представляет собой помещение с компьютерным столом

и персональным компьютером. Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы [42].

Для создания зрительного комфорта имеется возможность настройки четкости, контрастности и яркости на экране монитора. Высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах (680 – 760) мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм.

Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола должна быть в пределах (420 – 550) мм. Поверхность сиденья рекомендуется делать мягкой, передний край закругленным, а угол наклона спинки рабочего кресла – регулируемым. Пример рабочего места приведен на рисунке 6.

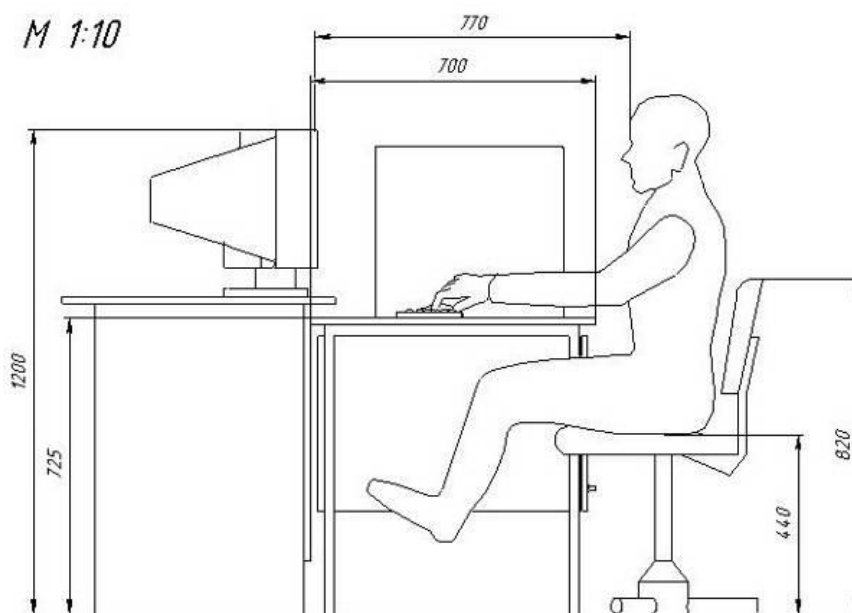


Рисунок 6 – Пример организации рабочего места

Часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной

линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости. Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости представлены на рисунке 7. Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости представлены на рисунке 8.

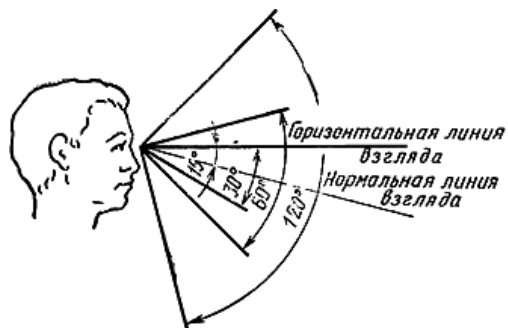


Рисунок 7 – Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

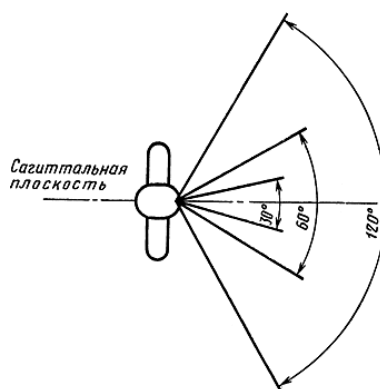


Рисунок 8 – Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости

В процессе работы, все используемые предметы должны находиться в зоне досягаемости. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости приведено на рисунке 9.

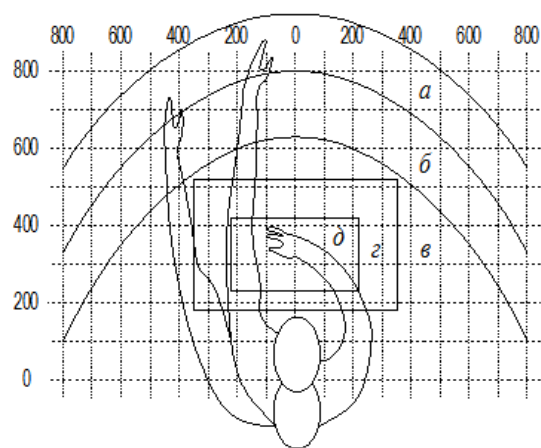


Рисунок 9 – Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости

(а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы)

4.2 Производственная безопасность

При работе с электрическими приборами возникают различные вредные факторы, которые негативно воздействуют на организм человека. Также, при работе с электрическими приборами возникают опасные факторы, их перечень представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ с электрическими приборами

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Р	И	Э	
Повышенная напряженность электромагнитного поля	+	+	+	Требования к физическим факторам на рабочих местах устанавливаются СанПин 2.2.4.3359-16 [36]. Требования по электробезопасности устанавливаются ГОСТ Р 12.1.019-2009 [37]. Требования по пожарной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.004-91 [38]. Требования по взрывобезопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.010-76

Таблица 19 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ с электрическими приборами

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Р	И	Э	
				[39]
Повышение уровня электромагнитных излучений	+	+	+	Требования к физическим факторам на рабочих местах устанавливаются СанПин 2.2.4.3359-16 [36]. Требования по электробезопасности устанавливаются ГОСТ Р 12.1.019-2009 [37]. Требования по пожарной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [38]. Требования по взрывобезопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ [39]
Недостаток естественного освещения	+	+	+	Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 [35]
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 [35]
Примечание – В таблице использованы следующие обозначения и сокращения Р – разработка; И – изготовление; Э - эксплуатация				

4.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклимат является важной характеристикой производственных помещений. В организме человека происходит непрерывное выделение тепла. Одновременно с процессами выделения тепла происходит и теплоотдача в окружающую среду. Равновесие между выделением тепла и теплоотдачей обеспечивается процессами терморегуляции, т.е. способностью организма поддерживать постоянство теплообмена с сохранением постоянной температуры тела. Отдача тепла происходит посредством излучения, конвекции, испарения влаги.

Нарушение теплового баланса в условиях высокой температуры может привести к перегреву тела, и как следствие к тепловым ударам и потере сознания. В условиях низкой температуры воздуха возможно переохлаждение

организма, на фоне которого возникают простудные болезни, радикулит, заболевания дыхательных путей и т.п. Показателями, которые характеризуют микроклимат рабочей зоны, являются:

- температура воздуха, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с.

Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для инженера-метролога она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок.

Оптимальные показатели микроклимата рабочей зоны, согласно [34], представлены в таблице 20, допустимые – в таблице 21.

Таблица 20 – Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	от 23 до 25	от 40 до 60	0,1
Холодный	от 22 до 24	от 40 до 60	0,1

Таблица 21 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Теплый	от 21,0 до 22,9	от 24,1 до 25,0	от 15 до 75	0,1	0,2
Холодный	от 20,0 до 21,9	от 25,1 до 28,0	от 15 до 75	0,1	0,1

Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Это такие мероприятия, как:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими;

- применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадания их в рабочую зону;
- установка систем вентиляции, кондиционирования, отопления.

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления.

По степени физической тяжести работа метролога относится к категории лёгких работ.

Таким образом, делаем вывод о том, что рабочее место метролога соответствует нормам показателей микроклимата так, как установлено соответствие температурным показателям в помещении в холодный период – 23,3 °С, и в теплый период – 24,6 °С. Относительная влажность воздуха составляет 58 %.

4.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Производственное освещение является неотъемлемым элементом условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

При неудовлетворительном освещении ощущается усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

Для характеристики естественного освещения используется коэффициент естественной освещенности (КЕО). Величины КЕО для различных помещений лежат в пределах (0,1 – 12,0) %.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы; равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и отсутствие резких теней; величина освещения постоянна во времени (отсутствие пульсации светового потока); оптимальная направленность светового потока и оптимальный спектральный состав; все элементы осветительных установок должны быть долговечны, взрыво-, пожаро-, электробезопасны.

Работа с приборами относится к зрительным работам средней точности для помещений жилых и общественных зданий. Согласно [35], такие помещения должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице 22.

На рабочем месте соблюдаются необходимые нормы освещенности согласно ГОСТ Р 55710-2013. «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений». Что подтверждено фотографией протокола измерений, представленной на рисунке 10.

Таблица 22 - Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий при зрительной работе средней точности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
					Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, ЛК	Коэффициент пульсации освещенности К _п , %, не более	КЕО ϵ_n , %, при	
							Верхнем или комбинированном	Боковом
Высокой точности	Более 0,5	В	1	Не менее 70	150	20	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	20	2,0	0,5

Общество с ограниченной ответственностью «Сибирский Центр Охраны Труда и Психологической Помощи», Регистрационный номер - 459 от 10.05.2017

Регистрационный номер аттестата аккредитации ИЛ: 01.12.2015

РГСС, РЛ (000) 31-ЮЖ

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений световой среды
№ 87-О
(идентификационный номер протокола)

1. Дата проведения измерений: 07.11.2019

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя: Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Томской области»
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя: 634012, Томская область, г. Томск, ул. Косарева, д.17а
2.3. Наименование структурного подразделения: Отдел технического регулирования и метрологического обеспечения (ОТРМО) г. Томск, ул. Косарева, 17а

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места: 87
3.2. Наименование рабочего места: Инженер по метрологии 1 категории
3.3. Код по ОК 016-94: 22602

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:	Погрешность измерения
Люксметр УФ-Радиометр (А,В) ТКА-ПКМ модель 06	06 1435	3765123	22.08.2020	± 8 %

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого фактора:

Область действия	Наименование нормативного документа
Измерение	МУК 4.3.2812-10 Метрологические указания. Инструментальный контроль и оценка освещения рабочих мест ГОСТ 24940-2016 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности (Введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2016 г. N 1442-ст) 7.2 Руководства по эксплуатации прибора комбинированного ТКА-ПКМ (06)
Оценка	Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 33н "Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению" (зарегистрировано в Минюсте России 21.03.2014 N 21689) СП 52-13350.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-гигиенические требования к физическим факторам на рабочих местах.

6. Характеристика осветительного оборудования (осветительных приборов):

Наименование рабочей зоны	Тип светильников	Тип ламп	Мощность ламп, Вт	Высота подвеса, м	Доля негорящих ламп, %
Кабинет, рабочий стол	С зеркальным отражателем	ДЛ	18	2,4	0

7. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Наименование измеряемых параметров, рабочей поверхности	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда	Время пребывания
Кабинет, рабочий стол		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, п.2, п.1		100

Протокол № 87-О

Освещенность рабочей поверхности, лк

	360	300	2
8. Заключение:			
- фактический уровень вредного фактора соответствует гигиеническим нормативам;			
- класс (подкласс) условий труда - 2			
9. Сотрудники организации (лаборатории), проводившие измерения и оценку:			
2551 Инженер испытательной лаборатории ООО "Сибирский центр охраны труда"			Смоленчук М.Ю. (Ф.И.О.)
(№ в реестре экспертов)	(подпись)		
10. Ответственное лицо организации, проводящее специальную оценку условий труда:			
Директор ООО "Сибирский центр охраны труда"			Вымытнин А.Н. (Ф.И.О.)
(№ в реестре экспертов)	(подпись)		

Протокол № 87-О

Рисунок 10 - Фотография протокола измерений освещённости на рабочем месте, (кабинет 213 ОТРМО ФБУ «Томский ЦСМ» по адресу г. Томск, ул. Косарева 17а)

4.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником повышенной напряженности электромагнитного поля при данном виде работ является персональный компьютер.

Длительное воздействие электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) приводит к расстройствам в головном мозге и центральной нервной системе. У человека могут наблюдаться головная боль в височной и затылочной областях, вялость, ухудшение памяти, боли в области сердца, угнетенное настроение, апатия, своеобразная депрессия с повышенной чувствительностью к яркому свету и интенсивному звуку, расстройство сна, сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения, дыхания, повышенная раздражительность. Могут наблюдаться функциональные нарушения в центральной нервной системе, а также изменения в составе крови.

Воздействие постоянного магнитного поля (ПМП) и с частотой 50 Гц на

человека проявляется в индуцировании в теле человека вихревых токов. При длительном систематическом воздействии могут возникнуть изменения функционального состояния нервной системы, иммунной системы и сердечно-сосудистой системы. Длительное воздействие ЭМП промышленной частоты может спровоцировать и онкологические заболевания.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 предельно допустимые уровни (ПДУ) электромагнитных полей на рабочих местах пользователей персональными компьютерами (ПК) и другими средствами информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) представлены в таблице 23 [44].

Для уменьшения уровня электромагнитного поля от персонального компьютера рекомендуется включать в одну розетку не более двух компьютеров, сделать защитное заземление, подключать компьютер к розетке через нейтрализатор электрического поля.

К средствам индивидуальной защиты при работе на ПК относят спектральные компьютерные очки для улучшения качества изображения, защиты от избыточных энергетических потоков видимого света и для профилактики «компьютерного зрительного синдрома». Очки уменьшают утомляемость глаз на (25 – 30) %. Их рекомендуется применять всем операторам при работе на ПК более 2 ч в день, а при нарушении зрения на 2 диоптрии и более – независимо от продолжительности работы.

Таблица 23 – ПДУ электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПК и другими средствами ИКТ

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот от 2 до 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот от 2 до 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для понижения уровня напряженности электромагнитного поля следует использовать мониторы с пониженным уровнем излучения, устанавливать защитные экраны, устранять неисправности. А для профилактики компьютерного зрительного синдрома, улучшения визуальных показателей видеомониторов, повышения работоспособности, снижения зрительного утомления возможно применение защитных очков со спектральными фильтрами, разрешенных Минздравом России для работы с персональным компьютером.

На рабочем месте инженера-метролога используются мониторы с пониженным уровнем излучения и защитные очки, таким образом рабочее место соответствует нормам СанПиН 2.2.4.3359-16 [36].

4.2.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Измерительные приборы должны подключаться к сети питания имеющей защитное заземление.

Соединять и разъединять вилки, розетки электрических соединений допускается только при выключенном сетевом выключателе.

Основными причинами поражения человека электрическим током могут быть следующие:

- непосредственное прикосновение к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением;
- соприкосновение с конструктивными частями, оказавшимися под напряжением.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови),

биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

- недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения;
- защитное заземление, зануление или отключение;
- вывешивание предупреждающих надписей;
- контроль за состоянием изоляции электрических установок;
- использование дополнительных средств защиты.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а также технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019 [37].

4.2.5 Расчёт требуемого воздухообмена в производственном помещении

Кратность воздухообмена напрямую влияет на здоровье и безопасность жизни людей. Если кратность воздухообмена не соответствует нормам, то это может привести к следующим последствиям:

- при повышенной кратности воздухообмена не справляется система вентиляции и как следствие нарушается температурно–влажностный режим в помещении и увеличиваются тепловые потери. Кроме того нарушается микроклимат в помещении, люди начинают испытывать дискомфорт от повышенной скорости движения воздуха.
- при низкой кратности воздухообмена, в помещении увеличивается концентрация вредных веществ, уменьшается концентрация кислорода в воздухе, что приводит к выделению угарного газа и кислородному голоданию. Также в помещении увеличивается концентрация водяных паров, повышается влажность и это может приводить к образованию плесени во

влажных и плохо проветриваемых местах.

В кабинете 213 ОТПМО расположено три рабочие зоны: компьютерные столы с ПК. В помещении постоянно работает трое работников. Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении.

Постоянным вредным фактором является выдыхаемый углекислый газ (CO_2). Для того, чтобы определить требуемого воздухообмена на производственное помещение, где расположено рабочее место, воспользуемся справочными данными [11]:

- предельно-допустимая объемная концентрация углекислого газа (CO_2) для учреждений составляет 1,25 л/ч.

- объемная концентрация углекислого газа, выделяемого человеком, при легкой работе (в учреждениях) составляет 23 л/ч.

- с учетом повышенного содержания углекислого газа для больших городов (по состоянию на 2020 г. население Томска составляет 576 624 чел. [44]) углекислоты в атмосферном воздухе принимать при расчете 0,5 л/м³.

Потребный воздухообмен определяют по формуле

$$L = \frac{G \times 1000}{x_n - x_v}, \quad (33)$$

где L – потребный воздухообмен, м³/ч;

G – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения, г/ч;

x_v – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, мг/м³;

x_n – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест, мг/м³.

Рассчитаем для рассматриваемого помещения:

$$L = 23 \cdot 3 / (1,25 - 0,5) = 92 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определим кратность воздухообмена помещения для кабинета 213, в котором высота помещения составляет 2,4 м, длина – 5,5 м, ширина – 2,9 м (объем помещения, $V_{\text{п}} = 2,4 \cdot 5,5 \cdot 2,9 = 38,28 \text{ м}^3$) по формуле

$$n = \frac{L}{V_n} . \quad (34)$$

$$n=92,00/38,28=2,40 \text{ ч}^{-1}.$$

Кратность воздухообмена в общих рабочих комнатах административных зданий должна составлять не менее 2,0 и не более 10,0 ч⁻¹. Таким образом, при возможности естественного проветривания, значение кратности воздухообмена находится в пределах нормы, работа в помещении 213 для трёх человек с этой точки зрения безопасна.

4.3 Экологическая безопасность

В настоящее время, когда встает проблема рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, уделяется большое внимание организации разумного воздействия на природу. Необходимо совершенствовать технологические процессы с целью сохранения окружающей среды от вредных выбросов.

В связи с тем, что основным средством работы являются средства измерения и электрические приборы, серьезной проблемой является электропотребление. Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

В кабинете 213 не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести сточные воды и бытовой мусор.

Сточные воды здания относятся к бытовым сточным водам. За их очистку отвечает городской водоканал.

Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор (в т. ч. люминисцентные лампы), неисправное электрооборудование, коробки от

техники, использованная бумага. Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке.

Утилизация средств измерений и электрических приборов осуществляется сотрудниками центра и предусматривает следующую поэтапность:

1) Правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации перечисленной в акте измерительной техники, о чем имеется акт технического осмотра;

2) Осуществление списания перечисленной в акте измерительной техники с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания;

3) Непосредственно утилизация измерительной техники с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие заводы.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями в подобных помещениях чаще всего являются пожары, однако на текущий момент актуальной является и угроза эпидемии. Ниже рассмотрены меры по двум указанным вариантам ЧС.

4.4.1 Профилактика пожаров

Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004 [38] и ГОСТ 12.1.010 [39]. Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Лаборатория, в которой будет выполняться работа, относится к категории В.

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- электрические перегрузки;

- выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов;

- курение в неположенных местах.

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить пожар в лаборатории, необходимо:

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы поводить влажная уборка всех помещений;

- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;

- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из помещения с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;

- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т.д. и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников аудитории;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;
- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;

- наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести

вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

На рисунке 11 представлен план эвакуации при возникновении пожара и других ЧС.

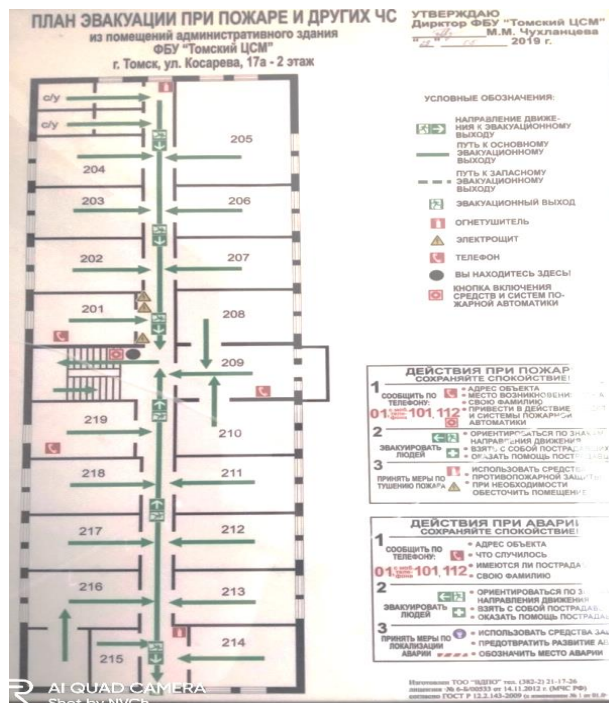


Рисунок 11 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений административного здания ФБУ «Томский ЦСМ»

4.4.2 Профилактика эпидемии (коронавирусной инфекции COVID-19)

В декабре 2019 года в Китае началась вспышка пневмонии, вызванная свежесобраным вирусом 2019-nCoV. Вскоре она распространилась на другие страны. Болезнь, вызванная коронавирусной инфекцией, впоследствии обозначенной как «COVID-19», – это инфекционное заболевание, вызванное новым, ранее неизвестным коронавирусом. У большинства заболевших COVID-19 на территории РФ наблюдаются легкие или умеренные симптомы, выздоровление происходит без специфического лечения [45].

Заразиться вирусом можно воздушно-капельным путем, находясь в непосредственной близости от человека с COVID-19, или в результате переноса вируса руками с зараженной поверхности на слизистые оболочки глаз,

носа или рта. В условиях угрозы заражения коронавирусом Роспотребнадзором разработаны рекомендации по организации работы предприятий в условиях распространения COVID-19 [46].

Организация должна обеспечить ограничение контактов между коллективами отдельных отделов и функциональных рабочих групп, сотрудников разместить, по возможности на разных этажах, в отдельных кабинетах. Определить сотрудников, отвечающих за перемещение изделий и документов между подразделениями. В обеденный перерыв и во время перерывов на отдых ограничить перемещение работников. Руководство организации должно предусмотреть и обеспечивать регулярную влажную уборку производственных, служебных помещений и мест общественного пользования с применением дезинфицирующих средств, дезинфекцию каждые (2 – 4) ч всех контактных поверхностей (дверных ручек, выключателей, поручней, перил, поверхностей столов, спинок стульев, оргтехники). Приобрести и установить бактерицидные облучатели воздуха в помещениях с постоянным нахождением работников, умывальники и дозаторы с кожными антисептиками в местах общественного пользования.

Работники должны выдерживать социальную дистанцию, следовать нанесенной сигнальной разметке на полу, проводить проветривание рабочих помещений каждые 2 ч.

Должен быть организован осмотр работников на признаки респираторных заболеваний с проведением термометрии 1 раз в 4 ч, обеспечение работников на рабочих местах масками, дезинфицирующими средствами, кожными антисептиками и перчатками.

Все вышеперечисленные меры реализованы в ФБУ «Томский ЦСМ», и помимо вышеперечисленного, организованы работа курьерской службы и прием корреспонденции бесконтактным способом, электронное взаимодействие, использование телефонной и видеоконференцсвязи для передачи информации. Налажена доставка работников из дома к месту работы и обратно специальным транспортом. Выпущен ряд локальных нормативных

документов по организации работы в условиях распространения COVID-19. На основании чего можно сделать вывод, что в ФБУ «Томский ЦСМ» реализованы все возможные меры по предотвращению заражения среди работников.

4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с развитием социальной ответственности у специалистов, в частности с пониманием важности правильно организованного рабочего места и условий, в которых проводятся анализ стабильности образцов для проверки квалификации при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений, в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды.

Изучено влияние различных факторов, влияющих на инженера метролога на месте осуществления деятельности: значения показателей микроклимата, освещенности и электромагнитных излучений оказались в пределах установленных норм, что говорит о безопасности рабочего места для человека. Анализ выявленных факторов ЧС рабочего помещения показал, что электробезопасность, пожаробезопасность и экологическая безопасность находятся под контролем, и все необходимые меры для обеспечения безопасности принимаются.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является обязательной частью магистерской диссертации, целью которого является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Магистерская диссертация представляет результат проведения анализа стабильности образцов для проверки квалификации при проведении межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений. Результатом проведенного анализа выступает локальный нормативный документ ФБУ «Томский ЦСМ» - «Инструкция. Порядок оценивания стабильности образцов для проверки квалификации при проведении межлабораторных сличительных испытаний (МСИ) в области обеспечения единства измерений (ОЕИ)» (далее – инструкция).

Задачами данного исследования являются:

- выявление потенциальных потребителей результатов исследования;
- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение трудоемкости выполнения работы;
- планирование научно-исследовательских работ;
- разработка графика проведения научного исследования;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для выявления потенциальных потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Разработанная инструкция направлена на локальное использование в ФБУ «Томский ЦСМ», однако в широком смысле результаты исследования

могут быть применимы при деятельности провайдеров МСИ в области ОЕИ: региональных центров стандартизации метрологии и испытаний, научно-исследовательских институтах (НИИ) и иных организаций, занимающиеся обработкой и анализом результатов МСИ.

5.2 Организация и планирование научно-исследовательской работы

Для выполнения научного исследования была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель – начальник отдела технического регулирования и метрологического обеспечения ФБУ «Томский ЦСМ» (НО) и непосредственно студент, выполняющий написание магистерской ВКР и при этом занимающий должность инженера по метрологии в том же отделе (ИМ).

В данном подразделе был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках проведения исследования, а также приведены исполнители по каждому виду работ. Данный перечень представлен в таблице 25.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований и разработок.

По каждому виду запланированных работ установлена соответствующая должность исполнителей, эти данные представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Утверждение темы проекта	1	Постановка целей и задач, обзор вводной информации	НО – 100%, ИМ – 10 %
	2	Утверждение темы проекта	НО – 100 %
	3	Анализ актуальности и новизны темы проекта	НО – 30 % ИМ – 100 %
Выбор направления исследования	4	Подбор материалов по теме	НО – 10 % ИМ – 100%
	5	Изучение материалов по теме	
	6	Выбор направления исследований	НО – 30 % ИМ – 100 %
	7	Календарное планирование работ	
Исследования	8	Обзор литературы по теме	НО – 10 % ИМ – 100 %
	9	Подбор нормативных документов	
	10	Анализ используемых средств и методов	
	11	Систематизация и оформление информации	
	12	Подготовка проекта инструкции	ИМ – 100 %
Анализ полученных результатов	13	Проверка применимости проекта инструкции на реальных результатах МСИ	НО – 30 % ИМ – 100 %
	14	Обработка результатов, подведение итогов	ИМ – 100 %
	15	Подготовка презентации	

5.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости выполнения работ для каждого исполнителя является важным моментом, так как трудовые затраты чаще всего являются основной частью стоимости проведенного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-

днях (чел.-дн.) и носит вероятностный характер, так как зависит от множества факторов, влияние которых сложно и не всегда целесообразно учитывать.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ожі}$ рассчитывали по формуле

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (35)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемое значение трудоемкости выполнения работы, чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость заданной работы, чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость заданной работы, чел.-дн.

Исходя из полученных значений $t_{ожі}$, рассчитывается продолжительность каждого вида работы в рабочих днях T_p по формуле

$$T_{pд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_d \quad (36)$$

где $T_{pд}$ – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, примем $K_{вн} = 1$;

K_d – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ (K_d принимают в границах от 1 до 1,2; для данных исследований принято значение $K_d = 1,2$).

5.4 Разработка графика проведения научного исследования

В качестве графика проведения научного исследования использовалась диаграмма Ганта, так как она является наиболее наглядным и удобным способом построения ленточного графика.

Для удобства разработки графика необходимо перевести длительность каждого этапа исследований из рабочих дней в календарные. Продолжительность выполнения исследований в календарных днях T_{ki} рассчитывается по формуле

$$T_{Ki} = T_{РД} \cdot k_{\text{кал}} \quad (37)$$

где $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (38)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю России, в 2020 году при пятидневной рабочей неделе 248 рабочих дней, 118 выходных и праздничных дней, таким образом, коэффициент календарности составил:
 $k_{\text{кал}} = 366 / (366 - 118) = 1,48$.








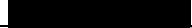







В таблице 26 приведены расчеты трудозатрат на выполнение проекта с учетом принятого $K_{\text{д}} = 1,1$. Рассчитаны рабочие и трудовые дни. Основываясь на данных таблицы 2 предложен календарный план-график, представленный в таблице 27.



В таблицах 26 и 27 приняты следующие обозначения и сокращения (исполнители: НО – начальник отдела, научный руководитель исследований, ИМ – инженер по метрологии, студент магистратуры).

Таблица 26 – Расчет трудозатрат на выполнение исследований

Номер этапа	Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
						$T_{РД}$		$T_{КД}$	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	С	НР	С
1	Постановка целей и задач, обзор вводной информации	НО, ИМ	2	4	2,8	3,1	0,3	3,8	0,4
2	Утверждение темы проекта	НО	2	4	2,8	3,1		3,8	
3	Анализ актуальности и новизны темы проекта	НО, ИМ	2	4	2,8	0,9	3,1	1,1	3,8
4	Подбор материалов по теме	НО, ИМ	3	5	3,8	0,4	4,2	0,5	5,1
5	Изучение материалов по теме	НО, ИМ	6	10	7,6	0,8	8,4	1,0	10,2
6	Выбор направления исследований	НО, ИМ	7	9	7,8	2,6	8,6	3,1	10,5
7	Календарное планирование работ	НО, ИМ	3	6	4,2	1,4	4,6	1,7	5,6
8	Обзор литературы по теме	НО, ИМ	8	10	8,8	1,0	9,7	1,2	11,8
9	Подбор нормативных документов	НО, ИМ	5	8	6,2	0,7	6,8	0,8	8,3
10	Анализ используемых средств и методов	НО, ИМ	2	3	2,4	0,3	2,6	0,3	3,2
11	Систематизация и оформление информации	НО, ИМ	3	4	3,4	0,4	3,7	0,5	4,6
12	Подготовка проекта инструкции	ИМ	10	15	12		13,2		16,1
13	Проверка применимости проекта инструкции на реальных результатах МСИ	НО, ИМ	2	5	3,2	1,1	3,5	1,3	4,3
14	Обработка результатов, подведение итогов	ИМ	8	9	8,4		9,2		11,3
15	Подготовка презентации	ИМ	3	4	3,4		3,7		4,6
	Итого:				79,6	15,6	81,7	19,1	99,7

Таблица 27 - Календарный план-график

тап	НО	ИМ	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	3,8	0,4											
2	3,8												
3	1,1	3,8											
4	0,5	5,1											
5	1,0	10,2											
6	3,1	10,5											
7	1,7	5,6											
8	1,2	11,8											
9	0,8	8,3											
10	0,3	3,2											
11	0,5	4,6											
12		16,1											
13	1,3	4,3											
14		11,3											
15		4,6											

НО – ; ИМ 

5.5 Определение бюджета научного исследования

При планировании бюджета научного исследования (НИ), необходимо обеспечить достоверное и полное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Для определения бюджета НИ в рамках выполнения ВКР с учетом выбранного направления исследования и исполнителей работ были рассчитаны следующие виды затрат:

- материальные затраты НИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В рамках расчета материальных затрат НИ должны быть учтены:

- приобретаемые сырье и материалы, необходимые для создания продукции;
- покупаемые материалы, необходимые для поддержания нормального технологического процесса;
- затраты на дополнительные комплектующие;
- сырье, материалы, различные комплектующие изделия, применяемые в качестве объектов исследования;
- затраты на канцелярские принадлежности.

Так как исследование в рамках выполнения ВКР включает в себя аналитический обзор, и применение метода оценки стабильности образцов для проверки квалификации при МСИ в области ОЕИ на конкретном примере, то можно выделить только затраты на канцелярские принадлежности, а именно, в ходе выполнения работы были приобретены две пачки бумаги формата А4 для принтера и заправлен картридж для принтера.

Материальные затраты Z_M на i -й материальный ресурс рассчитывается по формуле

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m (C_i \cdot N_{расхi}), \quad (39)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

m – количество видов материальных ресурсов, используемых для выполнения научного исследования;

C_i – цена на приобретение материального ресурса;

$N_{расхi}$ – количество материального ресурса, которое планируется для использования при выполнении научного исследования.

Значения цен были взяты на основании чеков после приобретения соответствующего вида продукции в планово-экономическом отделе ФБУ «Томский ЦСМ».

Материальные затраты на приобретение канцелярских принадлежностей отображены в таблице 28.

Таблица 28 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерений	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, с учетом $k_T=10\%$, руб.
Пачка бумаги формата А4	шт.	2	250,00	550,00
Заправка картриджа принтера	шт.	1	300,00	330,00
Итого:				880,00

5.5.2 Расчет заработной платы основных исполнителей проекта

Данная статья расходов включает заработную плату начальника отдела (в его роли выступает научный руководитель) и инженера по метрологии (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{дн-т}$) рассчитывается по формуле

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/18,5, \quad (40)$$

учитывающей, что в году 248 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 18,5 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Расчет заработной платы приведен в таблице 5. Временные затраты по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого числа взяты из таблицы 2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется формула, по которой производится расчет заработной платы работников в ФБУ «Томский ЦСМ»:

$$З_{\text{м}} = (З_{\text{б}} + З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{д}})) \cdot k_{\text{р}} \quad (41)$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад работника, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент (для г. Томска – 1,3);

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, который рассчитывается ежемесячно исходя из % выполнения планового объема доходов всего ФБУ «Томский ЦСМ» и конкретного отдела, каждый месяц он разный и варьируется в пределах 1,0 – 3,0 от оклада. Рассчитывается планово – экономическим отделом ФБУ «Томский ЦСМ» на каждый отдел и передается начальнику отдела;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, варьируется в пределах от 0,9 до 1,1 и назначается начальником отдела каждому работнику отдела в зависимости от его личного вклада за месяц.

Для расчёта взяты средние значения коэффициентов $k_{\text{пр}} = 2,0$, $k_{\text{д}} = 1,0$.

Таким образом, для получения интегрального коэффициента примем $З_{\text{б}} = 1,0$ и раскроем скобки в формуле (7) $K_{\text{и}} = (1,0 + 1,0 \cdot (1,0 \cdot 2,0)) \cdot 1,3 = 3,9$

Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}}$.

Таблица 29– Затраты на заработную плату

Исполни- тель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэф- фициент	Фонд з/платы, руб.
НО	12 834	513,36	16	3,9	33101,45
ИМ	9 982	399,28	82	3,9	131946,07
Итого:					165047,52

5.5.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$.
Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 165047,52 \cdot 0,3 = 49514,26$ руб.

5.5.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}} \quad (41)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Расчет затрат на электроэнергию при цене 6,59 руб. за кВт/ч приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер (ПК)	$658,4 \cdot 0,7 = 460,88$	0,3	911,19
Принтер	6	0,1	3,95
Итого:			915,14
Примечание – 658,4 ч (из расчета 82,4 чел.- дн., работы на ПК по обоим исполнителям согласно таблице 2, остальное время без использования ПК)			

5.5.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{OB} \cdot t_{pф} \cdot n}{F_d}, \quad (42)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п. Для данных расчетов принята средняя стоимость (определена экспертным методом путем опроса работников отдела информационных технологий ФБУ «Томский ЦСМ» с учетом всех периферийных устройств ПК – 50 000 руб.; принтера - 20000 руб.

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. Второй вариант предпочтительней, т.к. он позволяет получить более объективную оценку C_{AM} .

$t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Проведем расчеты амортизации оборудования. Стоимость ПК 50000 руб., время использования 658,4 ч, тогда для него:

$$C_{AM}(ПК) = (0,4 \cdot 50000 \cdot 658,4 \cdot 1) / 2400 = 5486,66 \text{ руб.}$$

Стоимость принтера 20000 руб., его $F_d = 700$ ч; $N_A = 0,5$; $t_{pф} = 6$ ч, тогда его:

$$C_{AM}(\text{принтер}) = (0,5 \cdot 20000 \cdot 6 \cdot 1) / 700 = 85,71 \text{ руб.}$$

Начислено амортизации, итого - 5572,37 руб.

5.5.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10 % от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1$$

Проведем расчет прочих расходов

$$C_{\text{проч.}} = (880,00 + 165047,52 + 49514,26 + 915,14 + 5572,37) \cdot 0,1 = 22192,93 \text{ руб.}$$

5.5.7 Расчет общей себестоимости разработки

Общая себестоимость исследований определяется как сводный расчет по всем статьям сметы затрат на проведение исследования.

Таблица 31 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	880,00
Заработная плата	$C_{\text{зп}}$	165047,52
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	49514,26
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	915,14
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	5572,37
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	22192,93
Итого:		244122,22

Таким образом, затраты на проведение исследований составили $C = 244122,22$ руб.

5.5.8 Расчет прибыли

Прибыль по проекту заложена на уровне 15 %. Таким образом, прибыль по проекту равна 36618,33 руб.

5.5.9 Расчет НДС

НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыли.

Проведем расчет:

$$\text{НДС} = (244122,22 + 36618,33) \cdot 0,2 = 56148,11 \text{ руб.}$$

5.5.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС. Проведем расчет цены проекта:

$$C_{\text{НИР}}(\text{КР}) = 244122,22 + 36618,33 + 56148,11 = 336888,66 \text{ руб.}$$

5.6 Оценка научно-технической эффективности исследования

В рамках эффективности исследования стоит отметить научную значимость. Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле

$$K_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (43)$$

где $K_{\text{НТУ}}$ – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта (таблица 26);

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах (таблицы 32 – 34 содержат критерии оценки рассматриваемых признаков).

Таблица 32 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признаки научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИР	R_i
Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	0,4
Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	0,1
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,5

Таблица 33 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны – n_1	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	от 8 до 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	от 5 до 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	от 2 до 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 34 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов – n_2	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 35 – Возможность реализации результатов по времени

Время реализации – n_3	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Результаты оценок признаков научно-технического уровня приведены в таблице 36 .

Таблица 36 – Количественная оценка признаков НИР

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИР	Выбранный балл	Примечание
Уровень новизны	Новая	6	<i>Разработка приложения к развивающемуся направлению науки и техники</i>
Теоретический уровень	Элементарный анализ связей между фактами	6	<i>Разработка алгоритма сравнения для поиска оптимального решения</i>
Возможность реализации	В течение первых лет	10	<i>Быстрое внедрение и переход к эксплуатации</i>

Баллы по параметрам времени и масштабам реализации при расчете суммируются. Исходя из оценки признаков НИР, показатель научно-технического уровня для данного проекта составил

$$K_{\text{нту}} = 0,4 \cdot 6 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 8.$$

Сопоставляя результаты расчёта и уровни НТЭ, представленные в таблице 37, проводимое исследование имеет высокий уровень научно-технического проекта.

Таблица 37 – Качественные уровни НИР

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	от 1 до 4
Средний	от 4 до 7
Высокий	от 8 до 10

5.6.2 Оценка экономической эффективности проекта

Учитывая долгосрочный характер применения результатов исследований можно сделать вывод, что внедрение данной разработки увеличит эффективность проведения МСИ в области ОЕИ с ресурсосберегающей стороны, поскольку позволит на ранних этапах экспериментальных исследований отбраковывать образцы для проверки квалификации стабильность которых невозможно подтвердить либо оценить и учесть их нестабильность, что повлечет за собой сокращение расходов на транспортные компании, доставляющие образцы для проверки квалификации между участниками МСИ а так же сохранение доверия к ФБУ «Томский ЦСМ», как к провайдеру, качественно выполняющему данный вид работ (сохранение и расширение клиентской базы участников МСИ).

Однако, численно оценить экономическую эффективность научных исследований на данном этапе работ не представляется возможным.

5.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

На основании, проведённой работы, представленной в настоящем разделе:

- установлены потенциальные потребители результатов исследования; разработан календарный график план проведения научной работы (содержит перечень этапов, работ, распределение ролей исполнителей исследования);
- определена трудоёмкость выполнения работы;
- определены основные и требуемые технико-экономические показатели, такие как количество исполнителей, сроки и продолжительность исполнения, себестоимость и эффективность проведённых исследований в целом. При планировании и организации НИ составлен перечень работ, необходимых для достижения поставленной цели. По предварительным расчетам себестоимость исследования составила 336888,66 руб. В результате

оценки научно-технической эффективности исследования сделан вывод о высоком уровне эффективности.

В результате сравнения конкурентных технических решений (опрос конкурирующих организаций по телефону) выявлено, что стоимость разработки ниже чем у конкурентов.

Примечание - произведён опрос респондентов: ФГУП «СНИИМ» (Федеральное государственное унитарное предприятие «Сибирский государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт метрологии»), предложенная ориентировочная стоимость исследований и разработки инструкции 500000 рублей с НДС; ФГУП «УНИИМ» (Федеральное государственное унитарное предприятие «Уральский научно-исследовательский институт метрологии»), предложенная ориентировочная стоимость исследований и разработки инструкции 600000 рублей с НДС.

Таким образом, проведение анализа стабильности образцов для проверки квалификации при проведении МСИ в области ОЕИ силами работников ФБУ «Томский ЦСМ» предпочтительнее, передачи данного исследования на аутсорсинг.

Заключение

1) Анализ действующей нормативной документации показал, что существующие алгоритмы оценки стабильности ОПК для МСИ ориентированы на образцы веществ и материалов, и в области ОЕИ зачастую нереализуемы на практике.

2) На основании проведённого обзора методов и целей оценки стабильности средств измерений был выбран метод оценки нестабильности ОКП в области ОЕИ, как оценки дрейфа МХ СИ во времени.

3) Предложены технические решения учета поправки на нестабильность ОПК и ее неопределённости при оценке результатов участников МСИ.

4) Разработаны процедуры организации проверки стабильности ОПК МСИ в области ОЕИ, основанные на количественной оценке нестабильности средства измерений, используемого в качестве ОПК при МСИ, ее учета в бюджете неопределённости измерений.

5) Практическая реализация разработанных процедур на примере результатов МСИ анализатора концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе подтвердила обоснованность данных технических и методических решений, обеспечивающих повышение достоверности результатов МСИ и, как следствие, улучшение качества работы провайдера МСИ. Отмечено повышение удовлетворительных результатов МСИ при применении второго метода для КТ 4 и 5 на 11 % и 12 % соответственно.

В настоящее время ведутся работы по разработке локального нормативного документа по проведению проверки стабильности ОПК для МСИ в области ОЕИ на основе разработанной в данной работе модели, что позволит обеспечить единство и постоянство понимания целей, задач, процессов и процедур по обеспечению качества при проведении проверки стабильности ОПК при проведении проверки квалификации посредством МСИ в области ОЕИ; распределение обязанностей, ответственность исполнителей и взаимодействие при выполнении отдельных функций.

Список использованных источников

- 1 ILAC – P9:06/2014 ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities.
- 2 ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. – М.: Стандартинформ, 2013.
- 3 ГОСТ Р ИСО 50779.60-2017 Статистические методы. Применение при проверке квалификации посредством межлабораторных испытаний.
- 4 Галицкая Т.В., Слепцова Е.А., Хустенко Л.А., Чухланцева М.М. Организация межлабораторных сличительных испытаний за Уралом и не только // Контроль качества продукции. 2018. № 9. С. 40 – 44.
- 5 РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
- 6 Фридман А.Э. Оценка метрологической надежности измерительных приборов и многозначных мер // Измерительная техника. 1993. №5. С. 7-10
- 7 Фридман А.Э. Основы метрологии. Современный курс. - СПб.: «Профессионал», 2008
- 8 Фридман А.Э. Теория метрологической надёжности средств измерений. - Измерительная техника, 1991, № 11. - С. 3-10.
- 9 Лячев В.В, Сирая Т.Н., Довбета Л.И. Основы фундаментальной метрологии: Учеб. пособие / Под ред. В.В. Лячева. - СПб.: Элмор, 2007.
- 10 Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений. / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. - Л.: Энергоатомиздат, 1991. - С. 120-122.
- 11 Бержинская Марина Викторовна. Временная нестабильность средств измерений электрических величин: диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук :05.11.01 / Бержинская Марина Викторовна; [Место защиты: Пенз. гос. ун-т].- Пенза, 2009.- 149 с.
- 12 Лукашов Ю.Е. Поговорим о поверке. — Главный метролог, 2004, № 4. — С.53.
- 13 Р 50.2.050-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Средства поверки одинакового уровня точности. Проверка качества поверочных и калибровочных работ посредством межлабораторных сличений. Алгоритмы обработки результатов измерений – Санкт-Петербург: ФГУП "ВНИИМ им. Д.И-Менделеева, 2006.
- 14 МИ 1832-88 Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Сличения групп средств поверки одинакового уровня точности. Основные правила.— М.: Издательство стандартов, 1989. (не действует).
- 15 МИ 2545-99 ГСИ. Эталоны органов Государственной метрологической службы исходные. Организация и порядок осуществления контроля методом межлабораторных сличений – Санкт-Петербург: ФГУП «ВНИИМ им. Д.И-Менделеева», 1999. (не действует).

16 ГОСТ 8.381-80 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения погрешностей – Санкт-Петербург: НПО «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева», 1992. (не действует).

17 МИ 188-86 Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений. Установление значений параметров методик поверки.– М.: Издательство стандартов, 1987.

18 ГОСТ 8.381-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения точности. – М.: Стандартинформ, 2012.

19 МИ 2230-92 Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Методика количественного обоснования поверочных схем при их разработке. – СПб.: НПО ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1992.

20 РМГ 74-2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. – М.: Стандартинформ, 2006.

21 РМГ 115-2019 Государственная система обеспечения единства измерений. Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределенности. – М.: Стандартинформ, 2019. – вводится с 09.2020.

22 COOMET R/GM/32:2017 Калибровка средств измерений. Алгоритмы обработки результатов измерений и оценивания неопределённости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.coomet.net/fileadmin/user_files/ DOCUMENTS/COOMET _Documents/Recommendations/COOMET_R_GM_32_2017_ru.pdf](https://www.coomet.net/fileadmin/user_files/DOCUMENTS/COOMET_Documents/Recommendations/COOMET_R_GM_32_2017_ru.pdf).

23 Бержинская М. В., Прозорова Е. В. Анализ эффективности статистических методов для обнаружения составляющей погрешности от временной нестабильности средств измерений // НиКа. 2010. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-statisticheskikh-metodov-dlya-obnaruzheniya-sostavlyayuschey-pogreshnosti-ot-vremennoy-nestabilnosti-sredstv> (дата обращения: 05.05.2020).

24 Данилов А.А., Спутнова Д.В. Оценка нестабильности средств измерений методами скользящей средней // НиКа. 2016. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-nestabilnosti-sredstv-izmereniy-metodami-skolzyaschey-sredney> (дата обращения: 06.05.2020).

25 Данилов А.А., Спутнова Д.В. Оценка нестабильности средств измерений методами скользящей средней // НиКа. 2016. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-nestabilnosti-sredstv-izmereniy-metodami-skolzyaschey-sredney> (дата обращения: 26.05.2020).

26 СТО 03-06-20 «Порядок проведения межлабораторных сличительных испытаний в области обеспечения единства измерений». – Томск, 2020.

27 Федеральный закон от 28 декабря 2013 № 412–ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации».

28 Описание типа средства измерений. Анализаторы концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе АКПЭ-01-«Мета». – М.: ВНИИМС, 2017. – 10 с.

29 Р 50.2.077-2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения. – М.: Стандартинформ, 2014.

30 ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. – М.: Стандартинформ, 2015.

31 МП-242-2087-2017 «ГСИ. Анализаторы концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе АКПЭ-01-«МЕТА». Методика поверки» - СПб.: ФГУП «ВНИИМ им. Д.И-Менделеева», 2017.- 14 с.

32 Муравьев С.В. Метрология: учебное пособие / С.В. Муравьев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 144 с.

33 ГОСТ 12.2.032 -78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.

34 Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997. – 20 с.

35 Свод правил: СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. М.: Минрегион России, 2011. – 74 с.

36 Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. М.: Минздрав России, 2003. – 39 с.

37 ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 28 с.

38 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 67 с.

39 ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.

40 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197- ФЗ. Официальный текст. - М. : Пропаганда : Омега- Л, 2002. - 176 с. : ил. - (Российская правовая библиотека).

41 В.С. Алексеев, И.В. Ткаченко, О.И. Жидкова. Безопасность жизнедеятельности. Сборник лекций. – М.: Эксмо, 2008. – 160 с.

42 Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организации работы. М.: Минздрав России, 2003. – 56 с.

43 Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Издво Томского политехнического университета, 2009. — 101 с.

44 Электронный ресурс «Википедия», статья о населении г. Томска – https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B0 – (дата обращения 25.05.2020).

45 Электронный ресурс «Википедия», статья о короновирусах – <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%81%D1%8B> – (дата обращения 11.05.2020).

46 Информационное письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 02/7376-2020-24 от 20.04.2020 г. «О направлении рекомендаций по организации работы предприятий в условиях распространения рисков COVID-19».

47 В.Ю. Конотопский. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерских диссертаций. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета 2015. – 29 с.

48 РМГ 93-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Оценивание метрологических характеристик стандартных образцов. – М.: Стандартиформ, 2016.

Приложение А

(справочное)

Раздел, выполненный на иностранном языке

Analysing the differences in the stability requirements
of samples for proficiency testing using interlaboratory comparative tests
in chemistry and metrology

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Черникова Наталья Витальевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	к.х.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пичугова Инна Леонидовна			

1 Analysing the differences in the stability requirements of samples for proficiency testing using interlaboratory comparative tests in chemistry and metrology

1.1 Concept of stability in the field of ensuring the uniformity of measurements

According to RMG 29, the stability of the measuring instrument should be understood as a qualitative characteristic of the measuring instrument, reflecting the invariance of its metrological characteristics over time, the instability of the measuring instrument should be considered as a quantitative assessment of stability.

Most commonly, these concepts are used in the theory of reliability, and are considered as indicators of ensuring the quality of manufactured products in instrumentation. The most important means of ensuring the quality of manufactured products is the use of reliable equipment, including measuring instruments, which are used at all stages of product control. What counts most is the metrological reliability of the measuring instruments, not the technical one. It is easy to guess that failures due to loss of operability are very easy to identify, but metrological failures are hidden failures, and they can be detected during verification or calibration of the measuring instrument, and until then the measuring instrument will be considered suitable and used to control the measured production parameters. And this, in turn, is dangerous when products of unsatisfactory quality enter the market.

Each generation of metrologists face the problem of ensuring metrological reliability, this topic is far from new and has already been considered by many scientists. However, it never loses relevance as new requirements appear with the release of new regulatory documentation. These requirements give rise to new tasks, one of which is an analysis of stability and the need to take into account the instability of samples for proficiency testing in the interlaboratory comparisons.

An indicator of metrological reliability is considered the probability of failure-free operation of the SI for the time interval between calibrations. The probability of maintaining metrological characteristics for a certain time interval serves as the indicator of stability of the SI.

The component of the error (uncertainty) from the temporary instability of the SI slowly changes over time and therefore it can be attributed to the type of drift, i.e. progressive errors / uncertainties. It mainly arises during the aging process of components of the measuring instruments, as well as the discharge of power sources, various mechanical deformations, etc.).

The introduction of the amendment can level the components of the error / uncertainty, but only in a given time interval, since the nature of their change in time is not only unknown, but also difficult to predict. In essence, the change in drift errors / uncertainties in time is an unsteady random process, which is classified as the least studied random process.

In this way, corrections by introducing amendments are required to be carried out with constant repetitions. A more or less complete study of the dependence of the change in error over time is possible only by observing the change in the measuring instrument error of a particular type over a long period of operation and storage from 10 to 15 years [13]. For a practical assessment of the time variation of the SI error / uncertainty, it would be correct to provide the parameters of aging process in the technical documentation on the SI. At the same time it emphasizes that restoring the error / uncertainty function from time to unit samples using some kind of model is not as important as predicting the further behavior of this function, for example, using an exponential model. However, a number of difficulties also arise here, which lie in the shortfall of reliable information (on the temporary instability of the SI components, on the conditions and intensity of their use, on the economic consequences of unreliable measurement results, etc.) required in the calculations for forecasting.

An acceptable [14] option for assessing the component of the error / uncertainty from temporary instability could be the results of verification and

calibration, but only if there is no preliminary repair and adjustment, which is practically not encountered.

Based on the foregoing, we can conclude that in the conditions of insufficiency and possible inaccuracy of the initial data, the use of complex and time-consuming methods to obtain results that could reflect the real time dependence of instability does not make sense.

1.2 Procedure for conducting interlaboratory comparison in the field of ensuring the uniformity of measurements

Comparison tests (IC) in the field of ensuring the uniformity of measurements are carried out in order to verify the qualifications of the participant (during verification and calibration works), i.e. evaluating the performance of a participant according to predetermined criteria in accordance with the requirements of the State Standard GOST ISO / IEC 17043 under the guidance of the IC provider.

The proficiency testing provider must guarantee the stability of proficiency testing samples (PTI) throughout the round and/or have procedures for identifying and assessing its instability during the implementation of the IC program.

The performance characteristics of participants are evaluated using a statistical comparative assessment of their results based on measurements or interpretations that they perform on proficiency testing samples. In general terms, the procedure for conducting IC consists of the following stages:

- 1) Planning (it includes preparation of proposals for a plan for conducting IC for the planning period; creating a plan for conducting IC; placement of a plan for conducting IC on the provider's website; informing potential participants; collecting applications, concluding contracts; forming a list of participants in IC; creating an IC program).

2) Preparation of a sample for proficiency testing (it includes experimental research, registration of the results of experimental research, development of instructions for an IC participant).

3) Conducting of IC (it includes the organization of transportation of a sample for proficiency testing and the collection of participants' protocols).

4) Evaluation of the results of IC participants (it includes the processing of experimental data obtained during the IC and paperwork for participants according to the IC results)

5) Report on the results of IC (it includes the preparation of reports on the results of implemented IC programs and the formation of folders with documents).

The procedure for conducting IC in general is presented in Figure 1.

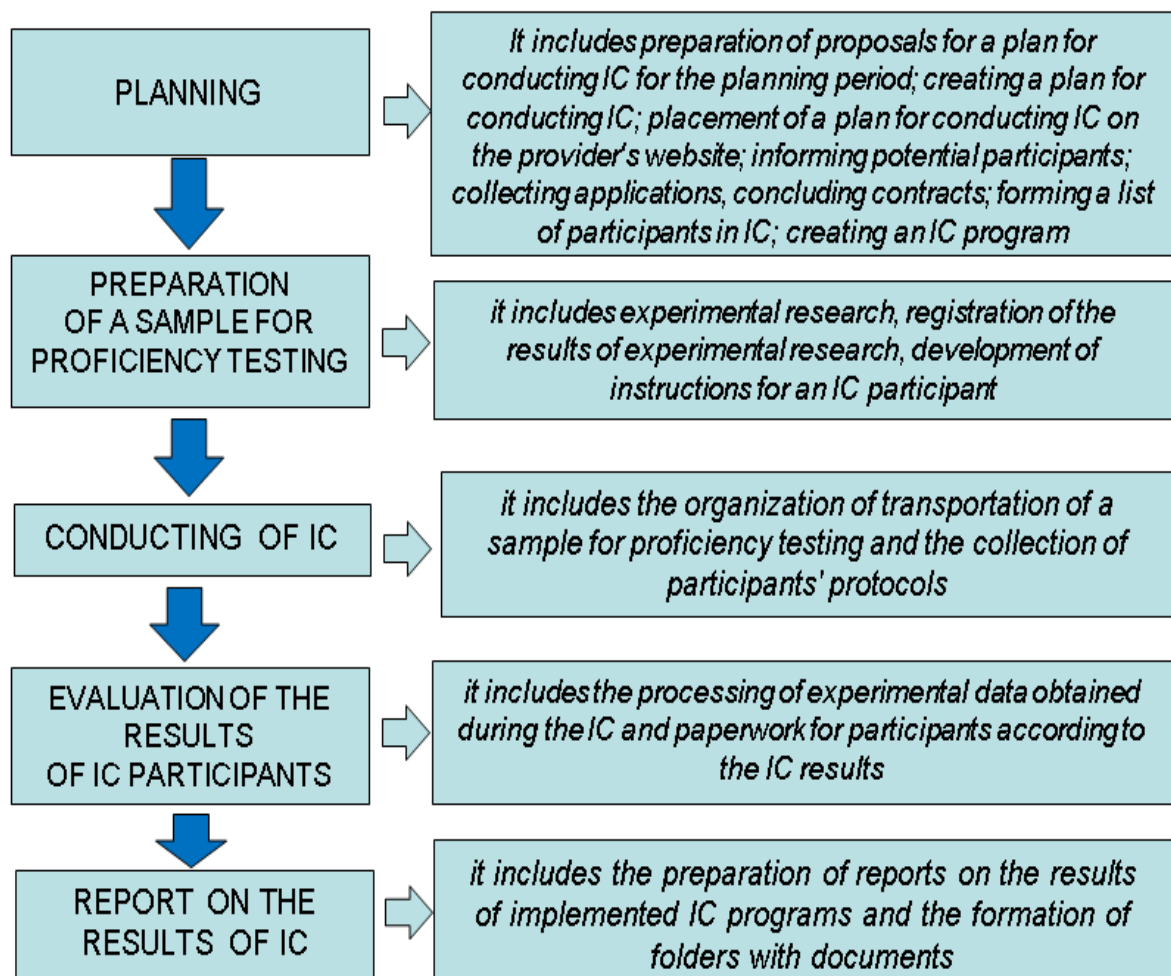


Figure 1. The scheme of IC in general

The most interesting and least studied is the stage of preparation of a sample for proficiency testing, because it is the stage when the provider conducts experimental studies, during which the stability of the PTI, its suitability for conducting IC and the further policy of conducting the IC program for a specific PTI are examined. Experimental studies include:

- The establishment of the assigned values of the determined indicators of the sample for PTI (for example, measured value and expanded uncertainty);
- Assessment of the stability of the sample PTI.

The assigned value of the determined indicator of the PTI is established in accordance with the calibration procedure using its own reference base; in justified cases, reference laboratories are involved. If necessary, a calibration procedure is developed that includes the evaluation procedure and the components of the measurement uncertainty during calibration.

The stability of the PTI is evaluated using criteria to ensure that the instability of the proficiency testing sample does not adversely affect the performance of the participant. When analyzing the documentation for the sample, dynamic metrological characteristics (such as drift, etc.) can be identified, the influence of which on the stability of the PTI should be evaluated. If possible, to ensure the stability of the sample, the effect of using the same PTI from different batches can be taken into account.

Assessment of the stability of the PTI is carried out in normal environmental conditions and, if necessary, in different from normal conditions, i.e. transportation and storage conditions.

A PTI is recognized as stable if there is no statistically significant change in the assigned value (or other controlled characteristic) during the period of the stability study.

If recognition of stability is not possible, then stability should be quantified and considered as an additional contribution to the measurement uncertainty associated with the assigned value of the PTI and / or taken into account by the criterion used for the assessment.

The choice of the comparison scheme should be chosen depending on the stability of the PTI. If the instability of the sample during the comparison does not exceed 20 % of the permissible error (target uncertainty) of the sample, the IC should be performed according to the circular IC scheme, otherwise, a radial or combined scheme should be chosen.

Based on the results of experimental studies, the provider's coordinator draws up a report, which should include the following information:

- a brief description of the proficiency testing sample;
- experimental data and the results of their processing to establish the assigned values of the determined parameters of the PTI;
- results confirming the stability of the PTI over a specified period or information about accounting for the instability of PTI in the assessment of the uncertainty of the assigned value;
- recommendations for the preparation of a PTI for measurements (if necessary).

The approved report is an admission when using the PTI in the IC.

In the case of admission of a sample for proficiency testing to the IC, the coordinator develops instructions for the IC participant. The coordinator includes the following information in the instructions for the IC participant:

- name and address of the provider;
- name and code of the PTI;
- a description of the PTI (indicating the indicators to be determined, if necessary, means of comparison, requirements for the used measurement / calibration / verification procedures);
- a description of the factors and potential sources of errors that may affect the results of the IC, including environmental conditions during measurements;
- choice of measurement / calibration / verification methodology (use by the IC participant to use the measurement / calibration / verification methodology of his choice or established by the coordinator);
- the procedure for preparing a PTI for measurements (if necessary);

- measurement procedure;
- requirements for rounding the measurement results;
- deadlines for the measurement and transfer of the PTI to the courier service and the provision IC on of documented measurement results;
- requirements for the measurement protocol and the recommended protocol form;
- the procedure for action in the event of impossibility to take measurements in connection with the subjective reasons of the participant of the IC; failure, damage or loss of a PTI during transportation or testing;
- the procedure for the case when the IC participant provides inaccurate, falsified or incorrect measurement results;
- name and contact details (phone, fax, e-mail) of the coordinator responsible for organizing the IC for the implementation of feedback, advice on the conduct of IC, paperwork.

The coordinator develops and includes in the instructions for the IC participant the recommended form of the measurement protocol received from each participant. Measurement protocols received from each participant of the IC should contain:

- name and address of the participant;
- number and validity period of the accreditation certificate (if any);
- telephone, fax, e-mail;
- name and code of the PTI;
- defined indicators;
- name of the measurement / calibration / verification procedure;
- information about the traceability of the measurement results;
- environmental conditions during measurements;
- measurement results;
- the results of the measurement uncertainty assessment, including the uncertainty budget;
- dates of measurements;

- signatures of the performers of the participant.

After conducting experimental studies and until the start of the round, the IC of the PTI stored in the conditions corresponding to those established in its operational documentation or other documentation.

1.3 Uniformity and stability of proficiency test items. Modern requirements

According to the document [2], which IC providers are accredited for, the provider should establish criteria for acceptable uniformity and stability, which should be based on the influence of heterogeneity and instability on the characteristics of the participants. The implementation of this requirement will ensure that each participant receives comparable measurement results and maintains the stability of the samples throughout the duration of the proficiency testing.

And if the homogeneity of the measuring instrument does not need to be checked, then stability should be checked and, if it is significant, either the PTI should not be allowed to the IC or the instability of the PTI should be taken into account as a separate contribution to the measurement uncertainty. In addition to careful planning, manufacturing and transportation of PTI, the provider should conduct tests that would confirm the stability of the PTI. In some cases, it is not possible for provider to carry out tests confirming their uniformity and stability. Such cases are typical, for example, in the preparation of samples with a limited amount of source material.

In some cases, materials that do not have sufficient uniformity or stability are most available. In this case, they can be used as PTI with the condition that when calculating the uncertainty of the assigned values or evaluating the results, this circumstance is taken into account accordingly.

Procedures for evaluating uniformity and stability should be documented and should be carried out, when applicable, according to relevant statistical

calculations. If possible, the IC provider should use a statistically random sample of a representative number of PTI from the entire batch of test material in order to evaluate its uniformity.

The documentation must confirm that there are sufficient samples for proficiency testing so that they can be subjected to any significant changes during the entire proficiency testing period, including storage and transfer conditions. If this is not possible, then stability should be quantified and considered as an additional contribution to the measurement uncertainty associated with the assigned value of the PTI and / or taken into account by the criteria used for the assessment.

If the PTI prepared for the previous rounds are saved for future use, then the values of indicators intended for determination in the proficiency testing program must be confirmed by the IC provider before the distribution of the samples.

In cases where stability tests are not applicable, the IC provider shall demonstrate that the procedures used to collect, manufacture, package and distribute proficiency testing sample are sufficient for IC.

For proficiency testing schemes during calibration, when several participants use the same proficiency testing model, the proficiency testing provider must ensure its stability throughout the round or have procedures for identifying and assessing its instability during the execution of the proficiency testing round. It is also necessary to investigate the trends in individual samples and measured variables, such as drift. Whenever possible, to ensure stability, the effect of using the same artifacts from different parties should be taken into account.

All measurement results of quantities (or properties) should be checked for stability. However, if it is shown that a certain subset of the properties can provide a good indication of stability for all observed properties in this round, proficiency testing programs may be limited to this subset of properties. Verifiable measured

values should be sensitive to sources of heterogeneity and instability during the work with samples for IC.

Some important cases are as follows:

- if the result of measurements is a fraction whose characteristic feature is its small value, this value may be difficult to control and more sensitive to changes in uniformity;

- if the test sample heats up while working with it, then as the measured value should choose a value that is sensitive to uneven heating;

- if the measured value characterizes a property depending on sedimentation, precipitation and other phenomena depending on the time of sample preparation, then this property should be checked in an indirect way.

In this way, when analyzing modern requirements for testing the stability of the PTI, attention should be paid to the “one-sided universality” of the approach to PTI. Based on existing experience, as well as an analysis of the bibliography of [2], you can pay attention to the following disadvantages:

- 1) Focus on proficiency testing samples used in quantitative chemical analysis i.e. on substances and materials. Mention of measuring instruments as PTI is carried out “in passing” and does not contain specific on assessing the instability of measuring instruments and taking into account its contribution to the uncertainty budget.

- 2) A significant number of PTI is assumed, which is unacceptable for the provider if he is not a manufacturer of measuring instruments.

- 3) The overestimation of the requirements for metrological characteristics of measuring instruments when checking stability is 10 % of the total error, while the current document [5] allows 20 %.

1.4 Conclusion

The current section is focused on revealing and noting the lack of practical recommendations for the quantitative assessment of the instability of any of the measuring instruments used as a sample during the IC.

In this way, it is necessary to develop a procedure for quantifying the instability of any of the measuring instruments used as PTI, taking instability PTI as a quantitative contribution to uncertainty into account.

Приложение Б
(справочное)

**МК 31-60-2019 «Анализаторы концентрации паров этанола в
выдыхаемом воздухе. Методика калибровки»**

Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации, метрологии
и испытаний в Томской области»
(ФБУ «Томский ЦСМ»)



МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ

**Анализаторы концентрации паров этанола
в выдыхаемом воздухе**

МК 31-60-2019

Разработчик:
инженер по метрологии 1 категории
ОТРМО ФБУ «Томский ЦСМ»
Черникова Н.В.

Количество страниц: **15**

Настоящая методика калибровки предназначена для проведения калибровки анализаторов концентрации паров этанола в выдыхаемом воздухе (далее - алкометр).

Рекомендуемый интервал между калибровками – 1 год.

1 Нормативные ссылки

Федеральный закон от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть

3. Руководство по выражению неопределенности измерения

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

Примечание - При пользовании настоящей методикой калибровки целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории Российской Федерации по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей инструкцией, следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 Термины и определения

В настоящей методике калибровки применены основные понятия согласно Федеральному закону от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и термины по ГОСТ 34100.3, РМГ 29.

3 Технические требования

3.1 Требования к определяемым метрологическим характеристикам

3.1.1 При проведении калибровки алкометра определяют действительные значения погрешности и неопределённости измерений экспрессного измерения массовой концентрации паров этанола в отобранной пробе выдыхаемого воздуха.

3.2 Требования к средствам калибровки (включая прослеживаемость)

3.2.1 При выполнении калибровки применяют средства калибровки, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Средства калибровки алкометров

Наименование средства калибровки	Метрологические и технические характеристики	
	диапазон измерений	погрешность
Генератор газовых смесей паров этанола в воздухе GUTH 10-4D (далее - генератор)	от 40 до 80 мг/м ³	пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения массовой концентрации этанола в газовых смесях ± 4 мг/м ³

Наименование средства калибровки	Метрологические и технические характеристики	
	диапазон измерений	погрешность
	св. 80 до 2000 мг/м ³	пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения массовой концентрации этанола в газовых смесях ± 5 мг/м ³

Продолжение таблицы 1

Наименование средства калибровки	Метрологические и технические характеристики	
	диапазон измерений	погрешность
Термогигрометр ИВА-6А-Д	относительной влажности от 0 до 90 %	пределы допускаемой абсолютной погрешности ±2 %
	температуры от -20 до +60 °С	пределы допускаемой абсолютной погрешности ±0,3 °С
	атмосферного давления от 70 до 110 кПа	пределы допускаемой абсолютной погрешности ±2,5 кПа
Воздух нулевой ТУ 2114-008-53373468-2008	объемная доля кислорода 20,5 %	пределы допускаемой абсолютной погрешности ±1,0 %
Азот газообразный ТУ 2114-007-53373468-2008	объемная доля азота не менее 99,9994 %	-
ГСО 8789-2006 водного раствора этанола ВРЭ-2	интервал допускаемых (номинальных) аттестованных значений от 0,10 до 6,0 мг/см ³	границы относительной погрешности (P=0,95) ±1,0 %
Ротаметр РМ-0,63 ГУЗ (или РМ-1 ГУЗ) по ГОСТ 13045-81	верхний предел измерений объемного расхода 0,63 м ³ /ч (1,0 м ³ /ч)	пределы допускаемой относительной погрешности измерений ±2,5 % от верхнего предела измерений
Вентиль точной регулировки ВТР-1 или ВТР-1-М160	диапазон рабочего давления от 0 до 150 кгс/см ² диаметр условного прохода 3 мм	
Трубка из поливинилхлорида	6×1,5 мм	
Вода дистиллированная	по ГОСТ 6709-72	
Примечания		
1 Генераторы применяются в комплекте с государственными стандартными образцами состава водных растворов этанола ВРЭ-2 (ГСО 8789-2006). В качестве источника воздуха используется поверочный нулевой газ - воздух в баллонах под давлением.		
2 При проведении калибровки допускается применение других средств измерений, стандартных образцов и газовых смесей, обеспечивающих определение метрологических характеристик калибруемого алкометра с требуемой точностью		

3.2.2 Эталоны и средства измерений, применяемые для калибровки алкометра, должны иметь действующие свидетельства об аттестации (для эталонов), свидетельства о поверке (для средств измерений) и паспорта (для ГСО); быть прослеживаемы к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при

отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным первичным эталонам единиц величин иностранных государств.

4 Требования к квалификации калибровщиков и требования по обеспечению безопасности

4.1 Помещение, в котором проводят калибровку, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей кратность воздухообмена не менее 4 в 1 час.

4.2 Этанол относится к IV классу опасности вредных веществ (малоопасен) согласно ГОСТ 12.1.007. Предельно допустимая концентрация этанола в воздухе рабочей зоны составляет 1000 мг/м³.

4.3 Концентрации вредных компонентов в воздухе рабочей зоны (помимо этанола) должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005.

4.4 Если при проведении калибровки применяют газовые смеси в баллонах под давлением, должны быть соблюдены Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (утверждены приказом Ростехнадзора № 116 от 25.03.2014 г.).

4.5 При проведении калибровки необходимо также соблюдать требования безопасности, установленные в эксплуатационной документации на калибруемый алкометр, средства калибровки, и требования по обеспечению безопасности труда, действующие в организации, проводящей калибровку.

4.6 К проведению калибровки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на используемые средства калибровки, калибруемый алкометр, настоящую методику калибровки и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

5 Требования к условиям проведения калибровки

5.1 При проведении калибровки алкометра соблюдают следующие условия:

– температура воздуха, °С	от плюс 20,0 до плюс 25,0;
– относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80;
– атмосферное давление, кПа	от 84 до 104,3;
– массовая концентрация этанола в окружающем воздухе, мг/л, не более	0,010.

Примечания:

1 При использовании средств калибровки не указанных в таблице 1, но обеспечивающих определение метрологических характеристик калибруемого алкометра с требуемой точностью, условия проведения калибровки не должны выходить за нормированные условия применения средств калибровки.

2 Условие калибровки о массовой концентрации этанола в окружающем воздухе не более 0,010 мг/л считается выполненным при проведении калибровки в помещении с приточно-вытяжной вентиляцией.

5.2 Не менее чем за 1 ч перед проведением калибровки не допускается подавать на алкометр пробы выдыхаемого воздуха или другие ГС.

5.3 Требования к ГСО

– бутыл с раствором ГСО вскрывают непосредственно перед использованием;
– раствор ГСО используют для однократной заливки в генератор;
– раствор ГСО подлежит замене при превышении максимального количества генерируемых проб ГС без замены водного раствора этанола, указанного в

эксплуатационной документации на генератор или при превышении максимального времени (сведения из паспорта на ГСО) нахождения раствора в генератор;

– после однократного использования раствор хранению и последующему использованию не подлежит.

6 Подготовка к проведению калибровки

6.1 Перед проведением калибровки выполняют следующие подготовительные работы:

1) Проверяют средства калибровки. Средства калибровки допускаются к калибровке алкометра при выполнении следующих условий:

– наличии свидетельств о поверке на средства измерений, паспортов на ГСО и газовые смеси (далее – ГС);

– действующих сроках годности ГС в баллонах под давлением и ГСО;

– наличии и целостности защитных этикеток на бутылках с ГСО.

2) Алкометр и средства калибровки подготавливают в соответствии с эксплуатационной документацией на них;

3) Алкометр выдерживают не менее 2 ч в помещении, в котором проводится калибровка.

4) Баллоны с ГС выдерживают не менее 24 ч в помещении, в котором проводится калибровка.

7 Проведение калибровки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре алкометра устанавливают соответствие следующим требованиям:

– алкометр представлен на калибровку с руководством по эксплуатации (РЭ), паспортом и свидетельством о предыдущей калибровке (при наличии);

– отсутствуют внешние повреждения, влияющие на работоспособность и безопасность;

– органы управления, разъемы, штуцера, соединительные провода и кабели исправны;

– надписи и маркировка на корпусе алкометра четкие, соответствующие РЭ;

– в алкометре установлены точные дата и время.

Результаты внешнего осмотра считают положительными, если алкометр соответствует перечисленным требованиям. Результаты внешнего осмотра алкометра фиксируют в протоколе калибровки.

7.2 Опробование (проверка общего функционирования)

1) Проверку общего функционирования алкометра проводят путем включения согласно РЭ, при этом алкометр выполняет автоматическую диагностику работоспособности.

2) Функционирование принтера (при наличии такового в конструкции алкометра) проверяют согласно РЭ, выполняют распечатку протокола измерений на бумажном носителе с целью оценки качества печати и проверки отображаемой информации.

Результаты опробования алкометра считают положительными, если все тесты автоматической диагностики работоспособности алкометра завершены успешно согласно РЭ. Принтер алкометра работоспособен; отпечатки знаков в протоколе измерений на бумажном носителе четкие, легко читаемые; информация, отображаемая в протоколе измерений на бумажном носителе, соответствует РЭ; заводской номер алкометра, дата и время измерений указаны правильно. Результаты опробования алкометра фиксируют в протоколе калибровки.

7.3 Проверка функционирования автоматического режима отбора пробы

Проверку проводят путем последовательной подачи на алкометр воздуха (азота) из баллона под давлением с разным расходом и контроля срабатывания автоматического режима отбора пробы ГС. Подачу воздуха (азота) на вход алкометра осуществляют через мундштук, входящий в комплект алкометра. Проверку выполняют в следующей последовательности:

1) Открывают баллон с воздухом (азотом) и с помощью вентиля точной регулировки, контролируя по ротаметру, устанавливают значение расхода 6 л/мин; отсоединяют ротаметр. Включают алкометр и после выхода алкометра в режим измерения подают на него воздух (азот) из баллона под давлением, при этом алкометр не должен выполнить автоматический отбор пробы ГС.

2) Открывают баллон с воздухом (азотом) и с помощью вентиля точной регулировки, контролируя по ротаметру, устанавливают расход воздуха 10 л/мин; отсоединяют ротаметр; Включают алкометр и после выхода алкометра в режим измерений подают на него воздух (азот) из баллона под давлением, при этом алкометр должен выполнить автоматический отбор пробы ГС.

Результаты проверки функционирования автоматического режима отбора пробы ГС считают положительными, если требования к автоматическому отбору пробы алкометром выполняются. Результаты проверки функционирования автоматического режима отбора пробы ГС алкометра фиксируют в протоколе калибровки.

7.4 Проверка соответствия номера версии программного обеспечения эксплуатационной документации на алкометр

Проверку соответствия номера версии программного обеспечения проводят визуально путем идентификации номера встроенного программного обеспечения: включают алкометр согласно РЭ, в разделе «Настройки» выбирают подраздел «Версия ПО» и считывают установленную в алкометре версию программного обеспечения с внесением в протокол калибровки.

Результаты проверки соответствия номера версии программного обеспечения считают положительными, если на индикатор алкометра выводится номер версии программного обеспечения, соответствующий указанному в РЭ.

7.5 Определение метрологических характеристик

7.5.1 Определение погрешности/неопределённости проводят в пяти точках диапазона измерений (далее – контрольные точки) путем поочередной подачи ГС на вход алкометра и регистрации показаний.

7.5.2 Собирают газовую систему согласно рисунку 1. Генератор располагают так, чтобы на него не падали прямые солнечные лучи и вблизи отсутствовали источники охлаждения или нагрева. Длина трубки выхода газовой смеси генератора: не более 5 см. Перед заливкой раствора в генератор проверяют отсутствие влаги и конденсата на внутренних поверхностях генератора, соединительных трубок и мундштуков, при наличии влаги или конденсата необходимо просушить все элементы генератора, соединительные трубки и мундштуки. Подачу ГС на вход алкометра осуществляют через выходной штуцер генератора.

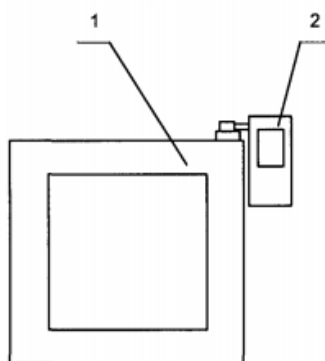


Рисунок 1 – Схема газовой системы при подаче на алкометр от генератора спирто-воздушных смесей
(1 – генератор; 2 – алкометр)

7.5.3 В соответствии с эксплуатационной документацией на генератор приготавливают ГС, используя соответствующий водный раствор этанола согласно таблице 2.

Таблица 2 - Номинальные значения массовых концентраций этанола, выбранные в качестве контрольных точек при калибровке алкометра

Номер ГС, $i=(1...5)$	Номинальное значение массовой концентрации этанола в ГС, подаваемых на алкометр, пределы допускаемого отклонения, мг/л	Номинальное значение массовой концентрации этанола в водных растворах этанола, подаваемых на алкометр, пределы допускаемого отклонения, мг/см ³
1	0	дистиллированная вода
2	$0,050 \pm 0,005$	$0,129 \pm 0,013$
3	$0,150 \pm 0,015$	$0,386 \pm 0,039$
4	$0,475 \pm 0,048$	$1,22 \pm 0,12$
5	$1,10 \pm 0,11$	$2,83 \pm 0,28$

При проведении калибровки алкометров с использованием генераторов ГС паров этанола в воздухе используют стандартные образцы состава водных растворов этанола ВРЭ-2 ГСО 8789-2006. Границы относительной погрешности при доверительной вероятности $P=0,95$ составляют $\pm 1\%$

7.5.4 ГС подают на вход алкометра в последовательности: 1—2—3—4—5—1 согласно таблице 2.

7.5.5 Для каждой контрольной точки (i -ой ГС) проводят по пять циклов измерений. Интервал между циклами измерений не менее 10 с.

Измерения выполняют по схеме:

- а) включают алкометр согласно РЭ;
- б) после выхода алкометра на режим измерений нажимают кнопку «СТАРТ» алкометра;
- в) после появления на индикаторе алкометра сообщения «Выдыхайте», подсоединяют алкометр к выходному штуцеру генератора и подают ГС с выхода генератора на алкометр путем нажатия и удержания кнопки «СТАРТ» (или аналогичного назначения) генератора;

Примечание - При проведении калибровки с использованием генераторов газовых смесей паров этанола в воздухе без встроенного побудителя расхода, расход ГС на выходе генератора 10 л/мин устанавливают вручную. Для этого, при отсоединенном алкометре, открывают баллон с

воздухом и с помощью вентиля точной регулировки, контролируя по ротаметру, устанавливают расход ГС на выходе генератора 10 л/мин. После появления на индикаторе алкометра сообщения «Выдыхайте», подсоединяют алкометр к выходному штуцеру генератора и подают ГС с выхода генератора на алкометр. После отбора пробы отсоединяют алкометр и закрывают вентиль на баллоне.

г) после отбора пробы отпускают кнопку «СТАРТ» (или аналогичного назначения) генератора и отсоединяют алкометр;

д) регистрируют показание алкометра C_{ij}^H , мг/л.

7.5.6 Рассчитывают измеренное значение массовой концентрации этанола в ГС на выходе генератора C_j^D , мг/л в мг/см³, по формуле

$$C_{ij}^D = 0,38866 \cdot C_{ij}^H \quad (1)$$

где C_p^D - аттестованное значение массовой концентрации этанола в используемом стандартном образце состава водного раствора этанола, указанное в паспорте, мг/см³.

7.5.7 Результаты заносят в таблицу по форме таблицы 1 приложения А.1.

7.5.8 В каждой контрольной точке за результат измерений принимают среднее арифметическое значение пяти j -ых действительных значений массовых концентраций этанола в ГС на выходе генератора C_j^H .

7.5.8.1 При выполнении измерений с помощью генератора регистрируют количество генерируемых проб ГС без замены водного раствора этанола. При превышении максимального количества генерируемых проб ГС, указанного в эксплуатационной документацией на генератор, выполняют замену стандартного образца состава водного раствора этанола.

8 Обработка результатов измерений

8.1 Значение абсолютной погрешности измерений массовой концентрации этанола (в диапазоне измерений от 0,000 до 0,200 мг/л) Δ , мг/см³ определяют по формуле

$$\Delta = \overline{C_j^D} - C_j^0 \quad (2)$$

где $\overline{C_j^D}$ – действительное значение массовой концентрации этанола в ГС в j -ой контрольной точке, мг/см³;

C_j^0 - заданное значение массовой концентрации этанола в ГС в j -ой контрольной точке, мг/см³.

8.2 Значение относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола (в диапазоне измерений свыше 0,200 до 1,500 мг/л) δ , %, определяют по формуле

$$\delta = \frac{\overline{C_j^D} - C_j^0}{C_j^D} \cdot 100 \quad (3)$$

где $\overline{C_j^D}$ – измеренное (среднее арифметическое значение) в j -ой контрольной точке, мг/см³;

C_j^0 - действительное значение массовой массовой концентрации этанола в ГС
В
 j -ой контрольной точке, мг/см³.

8.2.1 Результаты заносят в таблицу по форме таблицы А.1 приложения А.

9 Оценка неопределённости измерений при калибровке

9.1 Оценку неопределенности измерений проводят согласно приложению Б.

9.2 Полученное значение расширенной неопределенности, вносят в протоколы калибровки (приложение А).

10 Оформление результатов калибровки

10.1 Результаты калибровки оформляют протоколом калибровки по форме приложения А.

10.2 На калиброванные алкометры оформляют сертификат о калибровке по форме, приведенной в СТО 03-32.

**Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола калибровки**

ПРОТОКОЛ КАЛИБРОВКИ СИ

№ _____ от «__» _____ 20__ г.

Средство измерений
(СИ) _____

наименование, тип (если в состав средства измерений входят несколько автономных блоков,

то приводят их перечень)

заводской номер _____

принадлежащее _____

наименование юридического (физического) лица, индивидуальных предпринимателей

откалибровано в _____

наименование и номер документа на методику калибровки

с применением средств _____

наименование, заводской номер, разряд, класс или погрешность

при следующих значениях влияющих _____

температура окружающего воздуха °С;

приводят перечень влияющих факторов,

относительная влажность %; атмосферное давление кПа

нормированных в документе на методику калибровки, с указанием их значений

Результаты операций калибровки:

1 Внешний осмотр

2 Опробование (проверка общего функционирования)

3 Проверка функционирования автоматического режима отбора пробы

4 Проверка соответствия номера версии программного обеспечения эксплуатационной документации на алкометр

5 Определение действительных метрологических характеристик

Результаты определения метрологических характеристик приведены в таблице 1 (по форме таблицы А.1).

Бюджеты неопределённостей для каждой контрольной точки представлены в таблицах 2-6 (по форме таблицы А.2).

Руководитель отдела (группы) _____

подпись

инициалы, фамилия

Исполнитель _____

подпись

инициалы, фамилия

Таблица 1

Аттестованное значение массовой концентрации этанола в ГС	Фактический расход ГС на выходе генератора	Измеренные значения величины			Фактическое значение погрешности измерений массовой концентрации этанола	Расширенная неопределенность измерений, P=0,95
C_j^0	X_f	$C_{ij}^и$,	$C_{ij}^д$	$\overline{C_{ij}^д}$	$\Delta (\delta)$	$U (k= _)$
мг/см ³	м ³ /ч	мг/л	мг/см ³	мг/см ³	мг/см ³ (%)	мг/см ³
0 (дистиллированная вода)						
0,129±0,013						
0,386±0,039						
1,22±0,12						

Продолжение таблицы А.1

Аттестованное значение массовой концентрации этанола в ГС	Фактический расход ГС на выходе генератора	Измеренные значения величины			Фактическое значение погрешности измерений массовой концентрации этанола	Расширенная неопределенность измерений, P=0,95
		$C_{ij}^и$	$C_{ij}^д$	$\overline{C_{ij}^д}$		
мг/см ³	м ³ /ч	мг/л	мг/см ³	мг/см ³	мг/см ³ (%)	мг/см ³
2,83±0,28						
0 (дистиллированная вода)						

Таблица А.2 – Бюджет НП для КТ №

Входные величины	Обозначение входной величины	Единица величины	Оценка входной величины	Распределение вероятности	Стандартная НП $u(x_i)$, %	
Вклад от алкометра						
Среднее арифметическое значение (из 5 результатов измерений) массовой концентрации этанола алкометром для j-ого цикла измерений (j КТ)	$\overline{C_j^d}$	мг/см ³		нормальное	$u_{Ao(\delta C_j^d)}$	
Цена единицы младшего разряда (разрешающая способность) алкометра	d	мг/см ³		прямоугольное	$u_{Bo(\delta d)}$	
Вклад от ГС						
Аттестованное значение массовой концентрации этанола в ГС (заданное значение) алкометра	C_j^0	мг/см ³		нормальное	—	—
Границы допускаемой относительной погрешности аттестованного значения j-ого ГС при вероятности P=0,95	$\delta_{ГСj}$	%		нормальное	$u_{Bo(\delta_{ГСj})}$	
Вклад от округления						
Коэффициент пересчета массовой концентрации этанола в ГС из мг/л в мг/см ³	k	-	0,38866	прямоугольное	—	—
Погрешность округления коэффициента пересчета	Δk	-	0,000005	прямоугольное	$u_{Bo(\delta k)}$	
Вклад от термостатирования						
Номинальная температура термостатирования водного раствора этанола	T	К		прямоугольное	—	—
Пределы допускаемой абсолютной погрешности поддержания температуры водного раствора этанола	ΔT	К (°C)		прямоугольное	$u_{Bo(\delta T)}$	
Вклад от ротаметра на выходе генератора						
Пределы допускаемой приведённой погрешности измерений объемного расхода ротаметром	γ_p	%		прямоугольное	$u_{Bo(\delta p)}$	
Верхний предел измерений объемного расхода	$X_{\text{в}}$	м ³ /ч		прямоугольное	—	—
Расход ГС на выходе генератора	X_f	м ³ /ч		прямоугольное	—	—
Выходная величина	Единица величины	Оценка выходной величины	Стандартная НП, u_c	Эффективное число степеней свободы v_{eff}	Коэффициент охвата при P=0,95, k	Расширенная НП, U
Действительное значение массовой концентрации этанола алкометром для j-ой КТ	мг/см ³					

Приложение Б (рекомендуемое) Алгоритм оценивания неопределённости измерений

Б.1 Оценка выходной величины

За выходную величину принимают значение относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола алкометром - δ_j , %.

Если выходная величина представлена в форме абсолютной погрешности измерений массовой концентрации этанола алкометром (Δ_j , мг/см³), ее приводят к относительной форме по формуле

$$\delta_j = \frac{\Delta_j}{\bar{C}_j^D} \cdot 100 \% \quad (\text{Б.1})$$

где \bar{C}_j^D - среднее арифметическое значение (из 5 результатов измерений) массовой концентрации этанола алкометром для j-ого цикла измерений (j КТ), мг/см³;

Δ_j – границы абсолютной погрешности измерений массовой концентрации этанола алкометром, мг/см³ (при доверительной вероятности P=0,95)

А.2 Определение оценки выходной величины проводят по модельному уравнению

$$\delta_j \approx \left(\frac{(\bar{C}_j^D + d) - (C_j^0 + \Delta_{ГС})}{\bar{C}_j^D} \cdot 100 \% \right) + \left(\frac{\Delta k}{k} \cdot 100 \% \right) + \left(\frac{\Delta T}{T} \cdot 100 \% \right) + \left(\frac{\gamma_p \cdot X_B}{X_f} \right) \approx \quad (\text{Б.2})$$

$$\approx \delta_{\bar{C}_j^D} + \delta_{dj} + \delta_{ГС} + \delta_k + \delta_T + \delta_p$$

- где
- \bar{C}_j^D – среднее арифметическое значение (из 5 результатов измерений) массовой концентрации этанола алкометром для j-ого цикла измерений (j КТ), мг/см³
 - C_j^0 – аттестованное значение массовой концентрации этанола в ГС (заданное значение) алкометра, мг/см³ (из паспорта на ГС);
 - d – цена единицы младшего разряда (разрешающая способность) алкометра, мг/см³ (из эксплуатационной документации на алкометр);
 - $\Delta_{ГС}$ – границы абсолютной погрешности аттестованного значения массовой концентрации этанола в ГС (P=0,95), мг/см³, рассчитывают по формуле $\Delta_{ГСj} = 0,01 \cdot \delta_{ГСj} \cdot C_j^0$,
где $\delta_{ГСj}$ – границы абсолютной погрешности аттестованного значения массовой концентрации этанола в ГС (P=0,95), соответствует относительной расширенной неопределенности при коэффициенте охвата k=2;
 - k – коэффициент пересчета массовой концентрации этанола в ГС из мг/л в мг/см³, $k = 0,38866$;
 - Δk – погрешность округления коэффициента пересчета массовой концентрации этанола, $\Delta k = 0,000005$;
 - T – номинальная температура термостатирования водного раствора этанола, К (из эксплуатационной документации на генератор);
 - ΔT – пределы допускаемой абсолютной погрешности поддержания температуры водного раствора этанола, К (из эксплуатационной документации на генератор);
 - γ_p – пределы допускаемой приведённой погрешности измерений объемного расхода ротаметром, % (из эксплуатационной документации на ротаметр);
 - X_B – верхний предел измерений объемного расхода, м³/ч (из эксплуатационной

- документации на ротаметр);
- X_f – фактический расход ГС на выходе генератора, м³/ч;
- $\delta_{C_j^A}$ – границы допускаемой относительной погрешности измерений массовой концентрации этанола алкометром, % (P=0,95);
- δ_d – пределы допускаемой относительной погрешности цены единицы младшего разряда (разрешающей способности), %
- $\delta_{ГС}$ – границы допускаемой относительной погрешности аттестованного значения j-ого ГС, %, соответствует расширенной неопределенности (k=2, P=0,95);
- δ_k – пределы допускаемой относительной погрешности округления коэффициента пересчета массовой концентрации этанола, %
- δ_T – пределы допускаемой относительной погрешности поддержания температуры водного раствора этанола, %;
- δ_p – пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода ротаметром, %.

Б.3 Суммарную стандартную неопределенность относительную измерений массовой концентрации этанола в ГС, %

$$u_c = \sqrt{u_{Ao(\delta C_j^A)}^2 + u_{Bo(\delta d)}^2 + u_{Bo(\delta_{ГСj})}^2 + u_{Bo(\delta k)}^2 + u_{Bo(\delta T)}^2 + u_{Bo(\delta p)}^2} \quad (Б.3)$$

- где $u_{Ao(\delta C_j^A)}$ – стандартная относительная неопределенность по типу А, обусловленная случайным характером результатов измерений массовой концентрации этанола алкометром, %;
- $u_{Bo(\delta d)}$ – стандартная относительная неопределенность по типу В, обусловленная ценой единицы младшего разряда (разрешающей способностью) алкометра, %;
- $u_{Bo(\delta_{ГСj})}$ – стандартная относительная неопределенность по типу В, обусловленная погрешностью аттестованного значения массовой концентрации этанола в ГС, %;
- $u_{Bo(\delta k)}$ – стандартная относительная неопределенность по типу В, обусловленная погрешностью округления константы, %;
- $u_{Bo(\delta T)}^2$ – стандартная относительная неопределенность по типу В, обусловленная погрешностью поддержания температуры водного раствора этанола, %;
- $u_{Bo(\delta p)}^2$ – стандартная относительная неопределенность по типу В, обусловленная погрешностью измерений объемного расхода ротаметром, %.

Б.4 Стандартную относительную неопределенность по типу А, обусловленную случайным характером результатов измерений массовой концентрации этанола алкометром определяют по формуле

$$u_{Ao(\delta C_j^A)} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{n=1}^i (C_{ij} - \bar{C}_j^A)^2}{n \cdot (n - 1)}}}{\bar{C}_j^A} \cdot 100 \quad (Б.4)$$

- где C_{ij} – результат i-ого единичного определения массовой концентрации этанола алкометром j-ого цикла измерений (j КТ), мг/см³;
- n – количество единичных определений.

Б.5 Стандартную относительную неопределенность по типу В, обусловленную ценой единицы младшего разряда (разрешающей способностью) алкометра, %, в предположении равномерного (прямоугольного) закона распределения вероятности случайной величины (далее – ЗР) определяют по формуле

$$u_{Bo(\delta d)} = \frac{d}{\bar{C}_j^A \cdot 2 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \quad (Б.5)$$

где d – цена единицы младшего разряда (разрешающая способность) алкометра, мг/см³;
 C_{ij} – результат i -ого единичного определения массовой концентрации этанола алкометром j -ого цикла измерений (j КТ), мг/см³.

Б.6 Стандартную относительную неопределенность по типу В, обусловленную погрешностью аттестованного значения массовой концентрации этанола в ГС, %, в предположении нормального ЗР определяют по формуле

$$u_{Bo(\delta_{GSj})}^2 = \frac{\delta_{GSj}^2}{2} \quad (\text{Б.6})$$

где δ_{GSj} – границы допускаемой относительной погрешности аттестованного значения j -ого ГС, %, соответствует расширенной неопределенности ($k=2$, $P=0,95$);

Б.7 Стандартную относительную неопределенность по типу В, обусловленную погрешностью округления константы, %, в предположении равномерного (прямоугольного) ЗР определяют по формуле

$$u_{Bo(\delta d)} = \frac{0,000005}{0,38866 \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \quad (\text{Б.7})$$

Б.8 Стандартную относительную неопределенность по типу В, обусловленную погрешностью поддержания температуры водного раствора этанола, %, в предположении равномерного (прямоугольного) ЗР определяют по формуле

$$u_{Bo(\delta T)} = \frac{\Delta T}{T \cdot \sqrt{3}} \cdot 100 \quad (\text{Б.8})$$

где T – номинальная температура термостатирования водного раствора этанола, К;
 ΔT – пределы допускаемой абсолютной погрешности поддержания температуры водного раствора этанола, К;

Б.9 Стандартную относительную неопределенность по типу В, обусловленную погрешностью измерений объемного расхода ротаметром, %, в предположении равномерного (прямоугольного) ЗР определяют по формуле

$$u_{Bo(\delta T)} = \frac{\gamma_p \cdot X_B}{X_f \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{Б.9})$$

где γ_p – пределы допускаемой приведённой погрешности измерений объемного расхода ротаметром, %;
 X_B – верхний предел измерений объемного расхода, м³/ч;
 $X_{изм}$ – фактический расход ГС на выходе генератора, м³/ч;

Б.10 Коэффициент охвата определяют как коэффициент Стьюдента для эффективного числа степеней свободы, получаемого по формуле

$$v_{eff} = (n - 1) \cdot \left(\frac{u_c}{u_A} \right)^4 \quad (\text{Б.10})$$

$$k = t_{0,95}(v_{eff}) \quad (\text{Б.11})$$

Б.10 Относительную расширенную неопределенность определяют по формуле

$$U_o = k \cdot u_c \quad (P = 0,95) \quad (\text{Б.12})$$

А.11 Абсолютную расширенную неопределенность определяют по формуле

$$U = \frac{U_o \cdot \overline{C_j^d}}{100} (P = 0,95) \quad (\text{Б.13})$$

Б.18 Составляют бюджет неопределённости измерений (НП) по форме таблицы 2 приложения А.

Примечание - При использовании средств калибровки не указанных в таблице 1, но обеспечивающих определение метрологических характеристик калибруемого алкометра с требуемой точностью, перечень входных величин в бюджете неопределённости может отличаться от предложенного настоящей методикой калибровки, в этом случае входные величины следует скорректировать